Die Jadeitlagerstätten in Upper Burma.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Philosophischen Fakultät (II. Sektion)

der

Kgl. Bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München.

Eingereicht

von

Alfred W. G. Bleeck

aus Calcutta

am 25. Oktober 1907.

Verlagsbuchhandlung von Julius Springer in Berlin.

Sonderabdruck aus der „Zeitschrift für praktische Geologie“. 1907, Heft 11.

Die Jadeitlagerstätten in Upper Burma.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Philosophischen Fakultät (II. Sektion)

der

Kgl. Bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München.

ACAD. LUGO. BAT. BIBL.

Eingereicht

von

Alfred W. G. Bleeck

aus Calcutta

am 25. Oktober 1907.

Verlagsbuchhandlung von Julius Springer in Berlin.

Literatur.

1. Hannay: Journal Asiatic Society, Bengal 1837, VI.
2. Griffith: Journal of travel in Assam, Burma, Butan etc. Kalkutta 1847.
3. Yule: Narrative of the mission to the court of Ava, London 1858.
4. Watt: Dict. of the Econ. Prod. of India, 1890 IV.
5. Records of the Geol. Survey of India, Vol. XXV Part 3, 1892.
6. Ebenda, Vol. XXVI. 1893, Part 1.
7. Ebenda, Vol. XXVIII. 1895, Part 3.
8. Ebenda, Vol. XXXII. 1905, Part 1.
9. Ebenda, Vol. XXXIII. 1906, Part 1.
10. F. Berwerth: Die Nephrit-Jadeit-Frage. Mitt. d. Anthrop. Ges. in Wien, Bd. XX, der neuen Folge X. Band. Sitzungsber. v. 15. April 1890.
11. Derselbe: Über Nephrit und Jadeit. Tschermaks Min. u. petrogr. Mitt. Band XXIV. Heft 3.
12. Max Bauer: Der Jadeit und die anderen Gesteine der Jadeitlagerstätte von Tawmaw in Ober-Birma. Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal. 1896 Bd. I.
13. Derselbe: Weitere Mitteilungen über den Jadeit von Ober-Birma. Zentralbl. für Min., Geol. u. Pal. 1906 Bd. VII.
14. F. Noetling: Über das Vorkommen von Jadeit in Ober-Birma. Neues Jahrb. für Min., Geol. u. Pal. 1896 Bd. I.
15. Gazetteer of Upper Burma and the Shan States Part I. Vol. II.
16. Investigations and studies in Jade. The Bishop collection. New York, printed privately 1906.

(In bezug auf Nr. 16 ist zu bemerken, daß von diesem Prachtwerke, welches die Jadeit-Nephrit-Frage unter Berücksichtigung aller einschlägigen Literatur ausführlich behandelt, nur 100 Exemplare gedruckt worden sind. Durch die Liebenswürdigkeit des Herrn Prof. von Groth, in dessen Besitze sich ein Exemplar des Werkes befindet, hat Verfasser die Möglichlichkeit gehabt, das Werk eingehend zu studieren.)

Die Jadeitlagerstätten in Upper Burma.

Im Januar dieses Jahres reiste ich auf Anraten von Mr. Holland, Direktor der Geological Survey of India, in den Jade mines-Distrikt von Upper Burma, um das Vorkommen von Jadeit an Ort und Stelle kennen zu lernen und zu studieren. In Mogaung verließ ich die Eisenbahn und gelangte in zwei Tagesmärschen nach Kamaing. In Kamaing befindet sich der Sitz des Verwaltungsbeamten Mr. A. C. Bateman, der mir bei meinen Forschungen stets hilfreich zur Seite stand, und dem ich zum größten Danke verpflichtet bin. Hier wurde denn auch die Karawane zusammengestellt, welche Mr. Bateman und mich in den „Jungle" begleitete. Es vergingen so zwei Wochen, bis alle Vorbereitungen zur Expedition getroffen waren, und der schwerfällige Troß von Maultieren, Soldaten, Dienern und Kulis sich in Bewegung setzte.

Mein Ziel war, sowohl die eigentlichen Jadeitlagerstätten als auch die Geologie des Landes im allgemeinen kennen zu lernen. Denn es war von vornherein unzweifelhaft, daß man sich über die genetischen Fragen des Jadeits nur dann ein klares Bild machen konnte, nachdem man die Geologie dort studiert hatte.

Das von mir bereiste Gebiet liegt an der Nordgrenze von Upper Burma zwischen den geographischen Längen 96° 12′ und 96° 45′ und zwischen den Breiten 25° 25′ und 25° 50′. Der Charakter des Landes ist ein recht gebirgiger, und einzelne Berge erreichen Höhen von über 6000 Fuß. Bemerkenswert ist, daß die Gebirgsketten sich meist in nordsüdlicher Richtung erstrecken. Das Gebiet besitzt 3 wichtige Wasserläufe, die auch in der trocknen heißen Zeit reichlich Wasser führen und streckenweise schiffbar sind. Zunächst ist dies der Uru, welcher von Norden kommend nach Südosten fließt und ein wichtiger Nebenfluß des Chindwin ist. Bei Sanka mündet in den Uru der Sanka Chaun, ein wilder, reißender Gebirgsfluß. Im Osten wird das Gebiet vom Indaw Chaun begrenzt. Letzterer ist der Abfluß des großen Indawgyi-Sees, fließt von Süden nach Norden und vereinigt sich bei Kamaing mit dem Nam Kong Chaun. Der Indaw Chaun ist seiner ganzen Länge nach schiffbar. Alle drei Flüsse haben eine Unzahl kleiner Seitenbäche, deren Namen jedoch nicht feststehen. Von größeren Niederlassungen sind nur drei von allerdings auch sehr untergeordneter Bedeutung, nämlich Kansi und Lonkin am Uruflusse und Naniazeik, 12 engl. Meilen

östlich von Kamaing, anzuführen. (Vergl. Fig. 1 und 2, — auch Fig. 84 auf S. 317 dieser Zeitschrift).

Es soll nun kurz die Marschroute beschrieben werden, welcher wir folgten. Der Ausgangspunkt war, wie gesagt, Kamaing. Von dort aus marschierten wir über das Hügelland auf dem rechten Ufer des Indaw Chaun nach Manwe. In Manwe hielten wir uns bereits einige Tage auf und machten Exkursionen in das Granitgebirge links vom

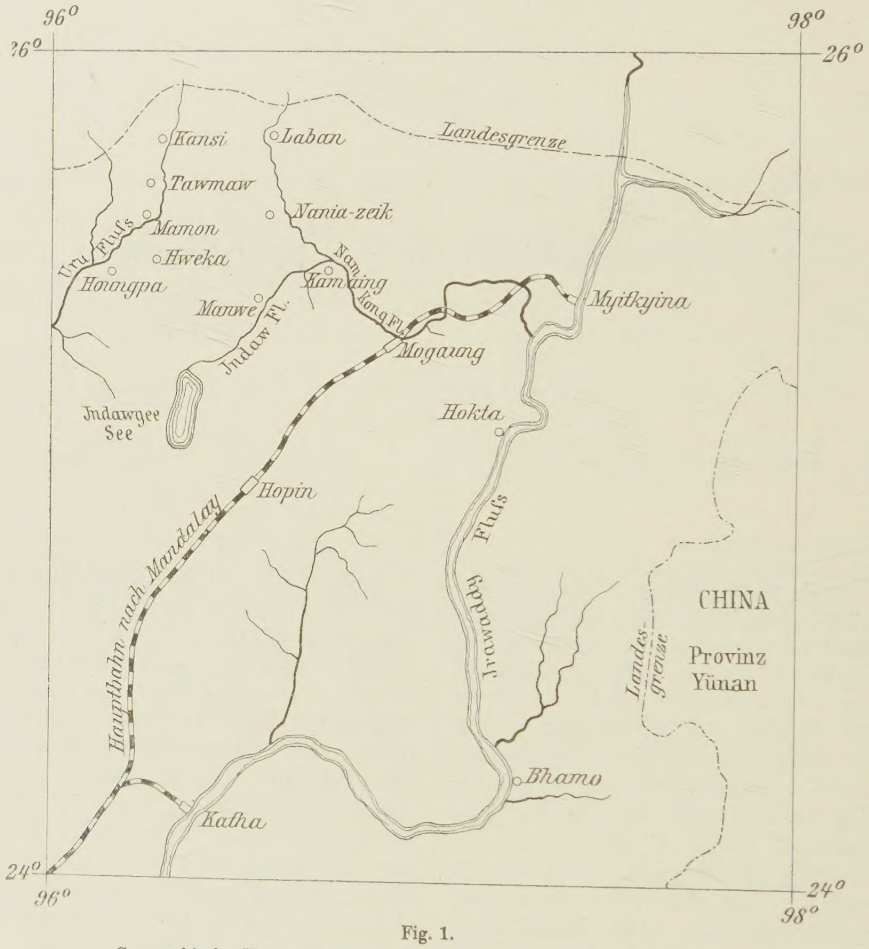


Fig. 1.
Geographische Kartenskizze vom Oberlauf des Irawaddy, Upper Burma.
Maßstab ca. 1 : 2 000 000 (1 inch = 32 engl. Meilen).

bewohnenden mongolischen Volksstamme, im Tage- und Tiefbau gewonnen. Nach längerem Aufenthalt in Tawmaw, während dessen eine Tour nach Siraju unternommen wurde — Siraju liegt ca. 6 Meilen westlich von Tawmaw — marschierten wir nach Lonkin. Von dort ging es weiter auf dem linken Ufer des Uru nach Seikmo. Bei Seikmo bogen wir vom Urutal ab und erreichten in einem Tage Hwéka. In Hwéka wird Jadeit aus einem Konglomerat, in welchem er als Gerölle vor-

Indaw Chaun. Weiter südlich als Manwe drangen wir nicht vor, sondern kehrten dort um und zogen in drei Tagesmärschen über Sikaw nach Naniazeik, indem wir uns zunächst rechts und dann links vom Flusse hielten. Von Naniazeik folgten wir einem Pfade, der uns quer durch das Gebirge führte, über Nanion nach Kansi. Von Kansi gelangten wir in einem anstrengenden Tagesmarsch nach Tawmaw. Hier in Tawmaw steht Jadeit als Felsart an und wird von den Kachins, dem dieses Gebirge kommt, in großer Menge gewonnen. Von Houngpa aus folgten wir dem Laufe des Uru stromaufwärts nach Mamon. Mamon ist der dritte wichtige Fundort von Jadeit, und zwar findet sich das Mineral unter den Geröllen des Uru, besonders in den Flußablagerungen der steilen Ufer. Von Mamon aus statteten wir Tawmaw nochmals einen Besuch ab, blieben jedoch nur kurze Zeit und eilten weiter nach Lonkin. Dann traten wir den Rückmarsch an, zunächst nach Naniazeik, wo wir uns einige Tage auf-

hielten, um die Rubinlagerstätten dort zu besuchen. Von hier aus erreichten wir in einem Tage Kamaing.

Diese ganze Tour nahm genau 8 Wochen in Anspruch, und dabei wurde die Geologie des bereisten Distriks, so gut es ging, studiert. Wie schon Dr. Noetling sagt, stellen sich noch, daß Transporttiere nur in beschränkter Anzahl zu haben sind, und daß man infolgedessen nur wenig geologisches Material sammeln kann. Ferner muß man stets auf der Hut sein vor der Heimtücke der kriegerischen Kachins, so daß man sich nicht frei und zwanglos von der Kolonne entfernen

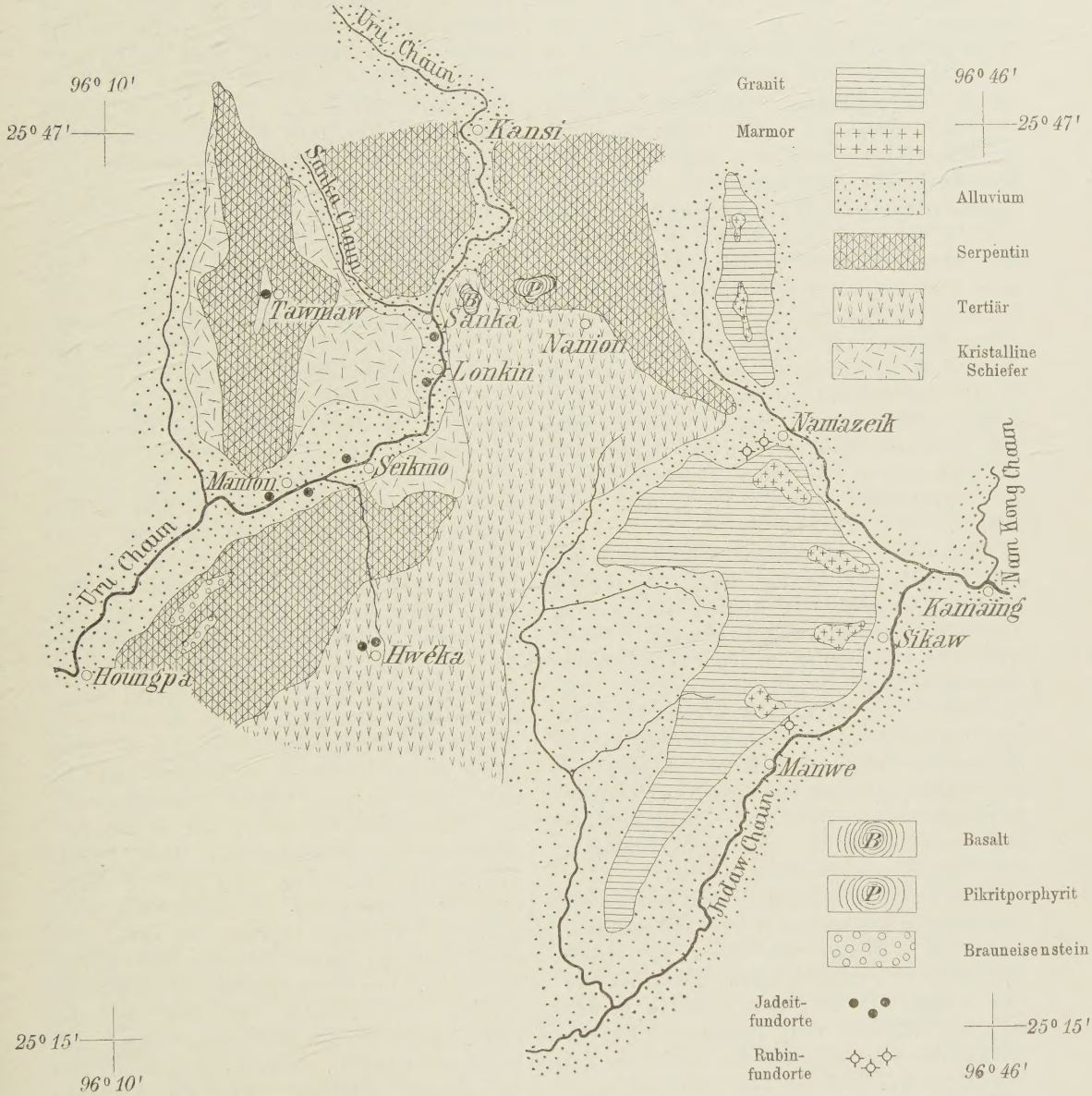


Fig. 2.
Geologische Kartenskizze des Distriktes der Jadeitlagerstätten in den Kachinbergen, Upper Burma.
Maßstab ca. 1 : 500 000.

dem Geologen in den Kachinbergen außerordentliche Schwierigkeiten in den Weg:

Der Urwald ist ganz undurchdringlich, und meist ist es unmöglich, auch nur eine Hand breit vom Wege abzugehen. Die Wege und Pfade verdienen oft kaum als solche bezeichnet zu werden. Dazu kommt kann. So häufen sich die Schwierigkeiten, so daß die Forschungsarbeit bisweilen stark darunter zu leiden hatte.

Um die Übersicht im folgenden zu erleichtern, will ich im Zusammenhang kurz eine Beschreibung der 3 Jadeitfundorte in den Kachinbergen vorausschicken. Vom

Standpunkte der Petrographie aus ist die Jadeitlagerstätte von Tawmaw unzweifelhaft als die interessanteste der drei zu bezeichnen. Es wird dort der Jadeit im Steinbruch und im Grubenbau gewonnen. Der ganze Abbaukomplex erstreckt sich seiner Länge nach in nordsüdlicher Richtung über 600 m und mag an der breitesten Stelle 300 m breit sein. Unter Tage ist man bis zu einer Tiefe von 50 m gefahren, z. T. mit senkrechten und z. T. mit flachen Schächten. Derartige Schächte sind 12 vorhanden. Zur Gewinnung des Materials wird immer noch die alte Methode des Feuersetzens angewendet. Der Ort Tawmaw hat eine geographische Breite von 25° 44′ und Länge 96° 16′ und liegt auf einem Hochplateau, ungefähr 1000 m über dem Meeresspiegel. Das Hochplateau hat eine Längserstreckung von 8—10 Meilen genau in der Nordsüdrichtung, während es in der Westostrichtung an der breitesten Stelle, an welcher gerade Tawmaw liegt, kaum $^3/_4$ Meilen breit ist. Die Entfernung von Tawmaw bis zur nächsten Bahnstation Mogaung ist auf dem kürzesten Wege 70 engl. Meilen. (Vergl. Fig. 1 und 2 auf Taf. I).

Die zweite Lagerstätte, welche man als Jadeitseife bezeichnen kann, liegt bei Mamon, ungefähr 10 Meilen südlich von Tawmaw im Tale des Uruflusses. Jadeit wird hier als Gerölle in den fluviatilen Ablagerungen des Uru gefunden, zum Teil werden solche Gerölle auch aus dem Flußbette selber gewonnen. Ich möchte noch darauf aufmerksam machen, daß in früherer Zeit Jadeit stromaufwärts bis über Sanka hinaus gefunden wurde. Jetzt sind alle diese Fundorte verlassen, und nur noch in der Umgegend von Mamon wird weitergearbeitet.

Die dritte wichtige und recht ertragreiche sowie geologisch besonders interessante Lagerstätte ist diejenige von Hwéka. Hwéka liegt auf der geographischen Breite 25° 29′ und Länge 96° 19′, also fast in gerader Richtung südlich von Tawmaw. Der Ort selber, der nur während der trockenen Zeit bewohnt wird, befindet sich in einem engen Gebirgstal. Auf dem Berge, welcher das Dorf im Norden überragt, wird Jadeit aus einem Konglomerat gewonnen. Dieses Konglomerat, welches oft außerordentlich grob ausgebildet ist, wird über den ganzen Berg, der wohl 600 m hoch sein mag, in Steinbrüchen abgebaut, und es finden sich darin zum Teil nach Kubikmetern messende Blöcke von Jadeit. Jadeitgerölle führende Konglomerate wurden auch noch westlich von Hwéka ausgebeutet, zurzeit wird dort jedoch nicht mehr gearbeitet. (Vergl. Fig. 3 u. 4 auf Taf. I).

Als wir das erstemal in Tawmaw ankamen, gegen Mitte Februar, stand der ganze Grubenkomplex noch unter Wasser, und einige Hundert Kachins arbeiteten mit Eimer und Seil an der Entwässerung. Alljährlich während der Regenzeit, die in Upper Burma bereits im Juni anfängt und bis in den September hinein andauert, wird in Tawmaw nicht gearbeitet, da das Klima in dieser Jahreszeit tödlich ist. Die erste Zeit nach dem letzten Regen ist bei der großen Bodenfeuchtigkeit so gefährlich wie die Regenzeit selber. Dazu kommt noch, daß infolge der schweren Regen die Flüsse ganz unpassierbar sind, und die ohnedies schlechten Wege nunmehr vollständig ungangbare Moraste sind. So wird es denn Dezember und oft noch später, bevor die Kachins anfangen können, die Gruben zu entwässern. Vor März sind dann die verschiedenen Baue niemals trocken, und es bleiben so im günstigsten Falle drei Monate für die bergmännische Gewinnung des Jadeits. Anfang März kommen Tausende von Chinesen ins Land herein, um den geschätzten Jadeit teils selber zu graben, teils käuflich zu erwerben. Alle drei Orte Tawmaw, Mamon und Hwéka — an letzteren beiden herrschen genau dieselben klimatischen Verhältnisse wie in Tawmaw — gleichen um diese Jahreszeit riesigen Jahrmärkten. An Ort und Stelle wird kein Jadeit verarbeitet. Das ganze Rohmaterial findet seinen Weg nach China. Es ist auch ganz außerordentlich schwer, dortselbst ein gutes Stück Jadeit preiswert zu kaufen. Der Chinese zahlt für gute Stücke Liebhaberpreise, die bei schönen Qualitäten bis in die Tausende von Rupees hineingehen. Der Jadeitblock z. B., der in Fig. 3 auf Tafel IV dargestellt ist, gerade als er von einer großen Schar Kachins fortgetragen werden soll, wurde von einem Chinesen um den Preis von 9000 Rupees angekauft. Der Block stammt aus den Steinbrüchen von Hwéka. In ihm befanden sich einzelne Partien von prachtvollem, erstklassigem Material, welche den ganzen Block so wertvoll machten. Aus den Kachinbergen soll nach den Berichten der Zivilbehörden in dem Jahre 1903 Jadeit im Wert von 55 435 Pfund Sterling und im Jahre 1904 im Werte von 50 726 Pfund Sterling nach China exportiert worden sein.

Zunächst folgt eine Übersicht der geologischen Verhältnisse des Jadeitgebietes. Es ist natürlich ein Ding der Unmöglichkeit, eine genaue geologische Detailkarte dieser wilden, von undurchdringlichem

Urwald überwucherten Gegenden zu bringen; jedoch lassen sich eine Fülle von Einzelbeobachtungen einigermaßen zu einem geologischen Bild des Ganzen kombinieren. Wie die Karte zeigt, besteht das Gebirge, welches sich von Naniazeik aus auf der linken Seite des Indawflusses nach Süden und Westen hin erstreckt, aus Granit. Dieser Granit hat Kalksteine, welche nach F. Noetling karbonischen Alters sein sollen, kontaktmetamorph zu Marmor umgewandelt. Putzen und Linsen derartigen Marmors finden sich vielerorts in dem Granitgebirge. Unzweifelhaft sind diese Marmore das Muttergestein der Rubine, welche in der Umgegend von Naniazeik aus dem Detritus dieser Gesteine gewonnen werden. Das Vorkommen von Rubinen bei Naniazeik soll in einer weiteren Abhandlung für sich allein behandelt werden. Wie weit sich in nördlicher Richtung das Granitgebirge noch erstreckt, hat sich meiner Beobachtung entzogen. Doch beweisen weitere Rubinfundorte 12 Meilen nördlich von Naniazeik, daß Granit und Marmor auch dort noch anstehen müssen. Bestätigt wurde dies ferner noch durch die Forschungen von F. Noetling.

Ungefähr 6 Meilen in nordwestlicher Richtung von Naniazeik tritt Serpentin auf und zieht sich ununterbrochen über Nanion und Kansi bis an den Sankafluß hin. Nur untergeordnet finden sich basische Eruptivgesteine, welche zu den Pikritporphyriten zu rechnen sind. Südlich von Nanion und dem Serpentingebirge setzen mächtige Schichten und Bänke von graublauen Konglomeraten und Sandsteinen ein, welche nach F. Noetling tertiären, speziell miocänen Alters sind. Diese Tertiärschichten treten, so berichtet Noetling, ganz plötzlich auf der Westseite des Karbons von Naniazeik auf. Sie werden also im Osten von dem Granitmarmorgebirge begrenzt. Über Hwéka hinaus erstrecken sie sich noch vermutlich weit nach Süden. Zwischen Karbon bzw. Granit und Tertiär sollen sich dann noch langgestreckte Eruptivmassen einschieben, welche nach M. Bauer echte Feldspatbasalte sind. Hiervon ist mir jedoch nichts bekannt.

Im Westen werden die Konglomerate und Sandsteine wieder von Serpentin begrenzt. Letzterer bildet das Gebirge auf dem linken Ufer des Uru südlich von Mamon. Zwischen Mamon und Houngpa finden sich nach dem Uru zu terrassenförmige Ablagerungen von lateritähnlichem Brauneisenstein. Zwischen Seikmo und Lonkin befindet sich eine interessante Gruppe von „kristallinen Schiefern“. Jedoch bilden dieselben nur einen ganz kleinen Komplex. Endlich erhebt sich westlich von Lonkin das jadeitführende Serpentinmassiv mit seiner Hülle von „kristallinen Schiefern“. Zu bemerken ist jedenfalls, daß auf dem rechten Ufer des Uru nirgends auch nur eine Spur von tertiären Schichten entdeckt wurde.

M. Bauer (12) beschreibt ein Vorkommen von Basalt, welcher 4 Meilen östlich von Sanka auftreten und die tertiären Sandsteine durchbrechen soll. Leider war es mir nicht möglich, diesen Basalt an der beschriebenen Stelle zu finden. Denn seitdem Jadeit nicht mehr bei Sanka gefunden wird, sind alle Wege und Pfade dortselbst vollständig von „Jungle“ überwuchert, und ein Vordringen ist unmöglich.

Paläontologische Funde wurden keine nennenswerten gemacht. Dr. Noetling, der in anderen Teilen von Burma geologisch gearbeitet hatte, konnte ebenfalls nur vergleichsweise auf ein miocänes Alter der Konglomerate und Sandsteine schließen. Jedenfalls gehören Sandstein und Konglomerat ein und demselben geologischen Horizont an, da sie miteinander wechsellagern und ineinander übergehen. Beide führen kleine Zwischenmittel von schwarzer, kohliger Lette und einzelne ganz kleine unbedeutende Kohlenflöze. In diesen Letten finden sich einige, allerdings schlecht erhaltene, Pflanzenreste. Einzelne Blattabdrücke erwiesen sich jedoch als bestimmbar. Herr Julius Schuster hatte die Liebenswürdigkeit, die Bestimmung vorzunehmen, und kam zu dem Resultat, daß es sich um Blattreste von einer Laurineaart handelt, welche er Tetranthera Hwékonsis Schstr. nannte. Solche Dicotylenreste, zu denen die Laurineae gehören, würden für ein tertiäres Alter dieser Schichten sprechen, obwohl sie nicht unbedingt als ein Beweis dafür aufzufassen sind. Spezifisch miocäne Leitfossilien wurden nicht gefunden. Auch unter dem Mikroskop lassen sich keine fossilen Organismen nachweisen. Ausgezeichnete Aufschlüsse von den miocänen Schichten sind an der Straße von Lonkin nach Naniazeik und ferner in den Brüchen von Hwéka zu finden.

Die tertiäre Schichtenreihe hat unzweifelhaft an der Auffaltung der Kachinberge teilgenommen. Kleinere Falten lassen sich an der Straße bei Lonkin ganz gut verfolgen. Zwischen Lonkin und Naniazeik bilden diese Schichten niedere Hügelketten. Weiter südlich jedoch, bei Hwéka, erreichen die Sandsteinberge bedeutendere Höhen.

Der Charakter des Serpentingebirges ist ein ganz anderer. Steil ansteigende lange

Bergrücken, welche oben meist von schmalen Plateaus gekrönt werden, sind bezeichnend für den Serpentin. Die Täler sind hier tiefeingeschnitten und schluchtenförmig. Besonders auffallend sind die hoch an die Berglehnen hinaufreichenden Flußablagerungen. Wenn man jedoch die außerordentlich starke Erosionswirkung der in der Regenzeit ungeheuer anschwellenden Flüsse und Bäche berücksichtigt, so läßt sich diese Erscheinung leicht erklären.

Nutzbare Mineralien sind bislang in diesem ganzen Gebiete nur wenige gefunden worden. Außer dem Jadeit werden nur noch ganz untergeordnet Gold und Rubine dort gegraben. Gold wird bei Lonkin im Uruflusse gewaschen, während es bei Mamon aus den fluviatilen Ablagerungen auf den steilen Abhängen des Ufergebirges gewonnen wird. Der Ertrag jedoch ist ein sehr geringer. Im Serpentin läßt sich verschiedenerorts ein ziemlich hoher Gehalt an Chromit nachweisen, doch scheint das Erz nicht in abbauwürdiger Menge vorzukommen. Der Brauneisenstein ist selbstverständlich in dieser entlegenen Weltgegend wertlos.

Im Anschluß an den geologischen Überblick folgt zunächst die petrographische Beschreibung des Gebietes. Am übersichtlichsten gestaltet sich diese Aufgabe, wenn die Gesteine gruppenweise besprochen werden, und zu diesem Zwecke wurde folgende Einteilung gewählt:

I. Gesteine des Granitgebietes zwischen Naniazeik und Manwe,
II. Serpentin und Pikritporphyrit zwischen Kansi und Sanka bzw. Naniazeik,
III. die „kristallinen Schiefer“ auf dem linken Ufer des Uru,
IV. die tertiären Sandsteine und Konglomerate bei Hwéka und östlich von Lonkin,
V. die Serpentine zwischen Hwéka und Houngpa,
VI. die jadeitführenden Serpentine nebst „kristallinen Schiefern“ von Tawmaw auf dem rechten Ufer des Uru.

I. Es ist auffallend, daß F. Noetling in seinen Berichten das Granitgebirge, welches zwischen Manwe und Naniazeik liegt, gar nicht erwähnt. In der geologischen Kartenskizze, welche der Arbeit Noetlings beigegeben ist, steht hier nur Karbon eingezeichnet. Nach meinen Beobachtungen dagegen besteht die Hauptmasse des Gebirges dort aus Granit, neben welchem größere und kleinere Marmorlager vorkommen, Der Granit, welcher in der Hauptsache ein Zweiglimmergranit ist, zeigt die bekannten Ausbildungsformen: bald richtungslos körnig, bald schlierig mit glimmerreichen Partien. Aplit- und Pegmatitgänge, letztere häufig in schriftgranitischer Ausbildung, durchschwärmen das ganze Gestein. In dem Granit eingebettet und von demselben kontaktmetamorph umgewandelt liegen die Kalksteine. Es sind dies grobkörnige, rein weiße Marmore, welche beim Anschlagen einen sehr üblen Geruch abgeben, sog. Stinkkalke. An einzelnen Fundorten sind dieselben makroskopisch vollständig rein. Die Mehrzahl der Handstücke jedoch zeigt zahlreiche kleine Graphitkristalle. Der Graphit ist hier unzweifelhaft organischen Ursprungs und verdankt seine kristalline Ausbildung den Agentien der Kontaktmetamorphose. Außerdem ist der Marmor stellenweise reich an Chondrodit, Phlogopit und Serpentin.

In diesen Bergen nun sind verschiedene Korund- und Rubinseifen bekannt, welche früher in größerem Maßstabe ausgebeutet wurden. Jetzt wird jedoch nur noch hier und dort sporadisch gearbeitet. M. Bauer erwähnt in seiner Abhandlung über „Das Vorkommen der Rubine in Burma“ die Rubinlagerstätten von Naniazeik und spricht die Vermutung aus, daß auch hier wie an anderen Stellen in Burma der Marmor das Muttergestein der Rubine sei. Diese Annahme Bauers findet ihre volle Bestätigung, was Verfasser in einer besonderen Abhandlung klarzulegen beabsichtigt. Da das Granitgebirge, welches hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt wurde, durchaus in keiner Beziehung steht zu dem Vorkommen von Jadeit in den Kachinbergen, so ist eine eingehende Behandlung hier nicht am Platze.

II. Anders verhält es sich dagegen mit den Serpentinen und Pikritporphyrit zwischen Kansi und Naniazeik. Eine Reihe Handstücke von Serpentin, welche verschiedenerorts auf dem Marsche gesammelt wurden, unterscheiden sich makroskopisch sehr wenig voneinander, höchstens daß das eine in der Farbe etwas lichter ist als das andere, je nachdem die einzelnen Serpentinaufschlüsse mehr oder weniger der Verwitterung ausgesetzt waren. Da diese Serpentine unzweifelhaft ein zusammenhängendes Ganzes bilden, so sollen sie auch zusammen besprochen werden. Die Farbe der Handstücke wechselt zwischen braungrün, gelbgrün und dunkelgrün. Eine tiefdunkle Farbenzeichnung ist auf Eisenerzausscheidung zurückzuführen. Der Serpentin ist massig ausgebildet und von bedeutender Zähigkeit. Das spezifische Ge-

wicht ist ziemlich hoch; doch hat es keinen Wert, bestimmte Zahlen anzugeben, da das spezifische Gewicht, je nachdem das Gestein ärmer oder reicher an Erz ist, verschiedene Werte zeigen muß. Wie alle Serpentine, so lassen sich auch diese mit dem Messer leicht ritzen. Kurzum, es handelt sich offenbar um normale Serpentine. Von irgendwelchen technisch wichtigen Erzausscheidungen, wie z. B. Chromit, wurde in diesen Vorkommnissen nichts gefunden.

Unter dem Mikroskop zeigen Präparate der einzelnen Handstücke die verschiedensten Ausbildungen und Strukturen. Nur in einem Dünnschliff ist Olivin in größerer Menge sichtbar. Der Olivin, im Schliff farblos, tritt in Aggregaten von größeren rundlichen Körnern auf, welche meist noch auf eine ursprüngliche Zusammengehörigkeit zu einem Kristall schließen lassen. Kataklasstruktur ist ausgeprägt. Die Umwandlung in Serpentin ist überall bereits vorhanden und stellenweise auch ziemlich weit vorgeschritten. Zwischen den Olivinkörnern hat sich dann auf den Spaltrissen der Faserserpentin angesiedelt, und so ergibt sich das für den Serpentin so charakteristische Bild der Maschenstruktur. — Der Olivin zeigt einige Einschlüsse von Chromit, teils mit, teils ohne Kristallform. Überhaupt findet sich Chromeisen, durch seinen Pechglanz ausgezeichnet, sowie Magneteisen in allen diesen Serpentinen, jedoch in untergeordneten Mengen vor. Das Magneteisen ist offenbar eine Neubildung, da es ausschließlich im Serpentin und nicht im Olivin vorkommt, während das Chromeisen unzweifelhaft ein im ursprünglichen Peridotit vorhandenes autigenes Erz ist. Die oktaedrische Kristallform zeigen die Erze selten; sondern sie sind meist in derben Körnern und Nestern vorhanden. In einem weiteren Schliff sind noch ganz geringe Reste von Olivin nachweisbar. Hier ist die Serpentinisierung derart vor sich gegangen, daß der Olivin in Antigorit umgewandelt wurde. Diese Umwandlung führte zu der bekannten Gitterstruktur, welche hier jedoch nicht so deutlich ist wie in einem weiteren Präparat, in dem auch keine Spur von Olivin mehr vorhanden ist. In letzterem hat sich zwischen den Leisten des primären Antigorits ein sehr dichtes Aggregat von sekundärem gebildet, welches im polarisierten Licht fast isotrop erscheint. Im Dünnschliff ist der Antigorit völlig farblos und zeigt fast dieselbe Doppelbrechung wie Quarz und nur wenig höhere Lichtbrechung. Er hat durchaus eine faserig schuppige Beschaffenheit. In einer etwas anderen Ausbildung erscheint der Antigorit weiterhin in den übrigen Dünnschliffen. Es handelt sich hier um den sogenannten Bastit, wobei sich dieses Mineral offenbar aus tonerdearmen Pyroxenen gebildet hat. In dem Bastit liegen einzelne lange Nadeln von Tremolith, welche ebenfalls als Neubildung bei dem Serpentinisierungsprozeß entstanden sind. Schließlich muß noch erwähnt werden, daß in einem Präparate einzelne Schnüre und Nester von dichtem Magnesit beobachtet wurden. Es liegt also hier eine Reihe von feldspatfreien basischen Eruptivgesteinen vor, ursprünglich Peridotite, welche durch thermale Prozesse oder Kontaktmetamorphose in Serpentin umgewandelt wurden.

Außer den Serpentinen tritt in diesem Gebiet noch ein weiteres basisches Eruptivgestein auf. Die Erscheinungsform des Gesteins konnte mit Bestimmtheit nicht festgestellt werden; doch scheint es vereinzelte niedere Bergkuppen zu bilden. Makroskopisch hat das Gestein eine matte, dunkelgraue Farbe und scharfeckigen Bruch. Nädelchen eines schwarzen Minerals, welche zu den rhombischen Pyroxenen gehören, durchsetzen richtungslos das Gestein.

Unter dem Mikroskop ergab sich folgendes Bild: In einer dichten Grundmasse von Plagioklas liegen größere Pyroxeneinsprenglinge und viel schwarzes Erz. Der Plagioklas, welcher ein Mosaikwerk winziger Kristalle bildet, läßt sich nur schwer bestimmen. Es handelt sich um einen leistenförmig ausgebildeten, zwillingslamellierten, kalkreichen Plagioklas, offenbar einen Labrador. Neben dem Plagioklas, in der Grundmasse fein verteilt, finden sich kleine Augitkristalle. Derselbe Augit tritt ferner in größeren Aggregaten auf, wobei die einzelnen Individuen jedoch nur selten Kristallform zeigen. Außerdem sind noch große Individuen dieses kaum pleochroitischen schwach bräunlichen Pyroxens vorhanden, welche die Erscheinung des magmatischen Randes sehr vorzüglich zeigen. Magneteisen ist der nächst wichtigste Bestandteil. Kleine Oktaeder dieses Erzes sind in großer Menge in der Grundmasse verteilt. Außerdem wurde es als Einschluß in den Augitkristallen beobachtet und findet sich angereichert in den Randzonen dieser Kristalle. Vereinzelt wurde auch das Vorhandensein von Apatitnädelchen konstatiert.

Unzweifelhaft handelt es sich hier um ein basisches Eruptivgestein, welches in die Reihe der Basalte gehört. Von einem normalen Basalt jedoch unterscheidet sich dieses Gestein hauptsächlich durch das Zunehmen des rhombischen Pyroxens auf Kosten der lichten Mineralien. Es liegt also ein basaltisches Gestein vom Typus der Pikritporphyrite vor. Ein Vergleich mit den echten Pikritporphyriten aus Anina im Banat (Ungarn) bestätigt diese Annahme. M. Bauer beschreibt in seiner ersten Abhandlung über den Jadeit von Tawmaw einen echten Feldspatbasalt, welcher mit dem soeben beschriebenen Gestein sehr gut übereinstimmt. Jedenfalls handelt es sich um ganz gleichartige Gebilde.

In der Nähe eines dieser Prikritporphyritvorkommnisse, etwa 2 Meilen westlich von Nanion auf dem Marsche nach Kansi, steht

ein Gestein an, welches seinem makroskopischen und mikroskopischen Habitus nach ein verkieseltes Sediment ist. Von hellbrauner Farbe, stenglig, mit etwas schiefrigem Bruch, scheint es makroskopisch aus einem parallelstengligen Aggregat von unzähligen Quarzsäulchen zu bestehen, welche durch eine kieselige Zwischenmasse miteinander verkittet sind. Jedes einzelne Säulchen besteht wiederum aus winzigen aneinander gereihten Quarzknoten.

Unter dem Mikroskop beobachtet man abwechselnde Lagen von kataklastischen Quarzkörnern und ein Bindemittel von Chalzedonsphärolithen, welche dem Quarz gegenüber durch den negativen Charakter der Hauptzone gekennzeichnet sind. Es ist ein sonderbares Gebilde, dessen Entstehungsart ich nicht einwandsfrei erklären kann.

III. Es soll jetzt eine Reihe „kristalliner Schiefer“ besprochen werden, welche auf dem linken Ufer des Uru zwischen Lonkin und Mamon liegen. Aufgefunden wurden diese Gesteine ungefähr 2 Meilen von dem kleinen Orte Seikmo, und zwar ergab sich aus den Aufschlüssen etwa folgendes Bild: Zu unterst lagen Glaukophanschiefer, darüber Strahlsteinschiefer, während auf den Berggipfeln reine Chloritschiefer gefunden wurden. Dieser Chloritschiefer, ein dunkelgrünes, echt schiefriges Gestein, führt makroskopisch wohlausgebildete, etwa erbsengroße Oktaeder von Magneteisen, welche schöne Ätzfiguren zeigen. Der ganze Habitus dieses Gesteins ist analog den bekannten Vorkommnissen sogenannter Chloritschiefer aus dem Zillertale und anderen Orten, welche an die Serpentinvorkommnisse gebunden sind.

Unter dem Mikroskop erweist sich der Chlorit in radial schuppiger Gruppierung als eine dem eisenreichen Ripidolith nahestehende Varietät. Aus diesem Chlorit allein ist die Grundmasse des Gesteins homogen zusammengesetzt, und daneben tritt als akzessorischer Gemengteil nur der bereits erwähnte Magnetit auf.

Als Übergang von dem reinen Chloritschiefer zu dem Strahlsteinschiefer stellt sich ein Gestein ein, welches beide Mineralien zu gleichen Teilen gemengt in der Grundmasse enthält. Das Gestein ist ebenfalls von dunkelgrüner Farbe und schiefriger Ausbildung. Makroskopisch lassen sich lange, wirr durcheinander gewachsene Strahlsteinnadeln erkennen. Eine große Anzahl von kleinen Pyritkristallen ist eingewachsen, zum Teil noch frisch, meist aber bereits stark in Brauneisen übergegangen.

Unter dem Mikroskop zeigt der Strahlstein langnadelige Ausbildung mit ausgefransten Enden. Er liegt in größerer Menge in einer fast optisch-isotropen Grundmasse. Diese Grundmasse besteht aus Chloritmineralien, welche zum größten Teil auf der Basis liegen und daher kaum auf das polarisierte Licht einwirken. An einzelnen gut orientierten Blättchen läßt sich jedoch vermittelst des Achsenbildes mit den charakteristischen braunen Interferenzfarben die Zugehörigkeit zum Chlorit nachweisen.

Es folgt ein grünes schiefriges, etwas seidenglänzendes Gestein, ein eigentlicher Strahlsteinschiefer. Makroskopisch führt er in einer filzigen homogenen Grundmasse Pyritkriställchen in größerer Menge.

Mikroskopisch besteht das Gestein aus einem wirr durcheinander gewachsenen Aggregat einer lang prismatisch ausgebildeten, schwachgrünlichen und pleochroitischen Hornblende, offenbar Strahlstein.

Dieses Gestein geht direkt in Glaukophanschiefer über. Makroskopisch ist dieser Schiefer blaugrau, kompakt, mit splittrigem Bruch und einem spezifischen Gewicht von etwa 3. Im Handstück läßt sich neben Pyroxen ein lichter Glimmer erkennen.

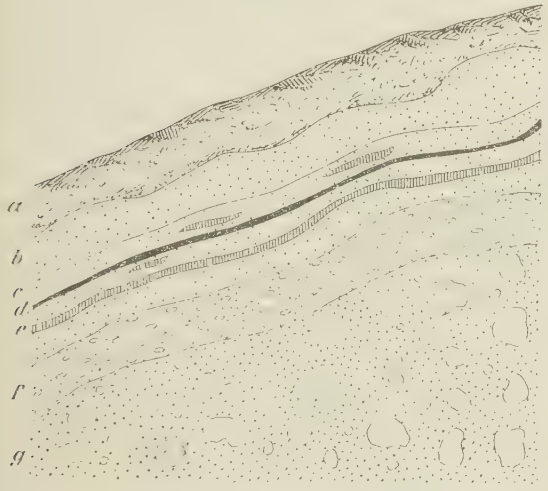
Unter dem Mikroskop wurden als Hauptgemengteile des Schiefers Glaukophan und ein dem Diopsid nahestehender Pyroxen nachgewiesen, daneben in ziemlicher Menge zerfetzte, löcherige Titanite mit Einschlüssen von Rutil. Der Glaukophan, meist in prismatischer Ausbildung, zeigt keine Kristallform. Es sind vielmehr einzelne Blättchen, die wirr durcheinander gewachsen sind. Charakterisiert ist er durch die ihm eigentümliche lichtblaue Farbe und den ausgezeichneten Pleochroismus. Als Zwischenmasse zwischen den einzelnen Glaukophanindividuen liegt der Pyroxen. Dieser ist schwach grün gefärbt und schwach pleochroitisch. Er enthält massenhaft Flüssigkeitseinschlüsse. Auffallend ist der hohe Gehalt dieses Schiefers an Titanmineralien. Der Glaukophan zeigt Einschlüsse von runden Rutilkörnern, und ebenso ist der Titanit mit Rutil geradezu vollgepfropft. Der lichte Glimmer wurde als Muskovit bestimmt. Es enthält das Gestein auch noch spärlich Almandin und in diesem Einschlüsse von Pyroxen und Epidot.

Ganz in der Nähe des soeben beschriebenen wurde ein weiterer Glaukophanschiefer geschlagen, der sich makroskopisch kaum von dem ersten unterscheidet.

Unter dem Mikroskop jedoch bemerkt man, daß der Pyroxen hier vollständig fehlt, und ebenso sucht man vergeblich nach Granat. Andererseits wird der Muskovit ein wichtiger Bestandteil des Gesteins, und Epidot tritt in größerer Menge auf. Hauptbestandteil bleibt auch hier noch der Glaukophan. An Erzen wurden einige kleine Pyritkörner beobachtet. Besondere Aufmerksamkeit verdienen zwei feine Gänge, die aus Feldspat und einzelnen

Epidotaggregaten bestehen. Diese kleinen Gänge haben am Nebengestein nachweislich resorbiert. Unzweifelhaft sind es aplitische Bildungen, welche unter die Bostonite zu rechnen sind. Der Feldspat ist größtenteils Andesin, jedoch tritt daneben auch Orthoklas auf. Auffallend ist, daß die Zwillingslamellen des Plagioklases senkrecht zu den Salbändern des Ganges stehen. Die gezähnelte Beschaffenheit der Feldspate ist für die Bostonite außerordentlich charakteristisch.

Im Zusammenhang mit der Beschreibung dieser kristallinen Schiefer soll noch kurz einiges über deren genetische Verhältnisse gesagt werden. Offenbar handelt es sich um eine Reihe metamorpher Schiefer, welche man speziell als Chloritschiefer und Amphibolite bezeichnet.



a Humus. b grauer Sandstein. c Sandstein mit Kohlenletten. d Kohlenflöz. e Kohlenletten. f Konglomeratsandstein. g Konglomerat mit Jadeitgeröllen ⊕.

Fig. 3.
Profil durch die tertiären Schichten bei Hwéka.

Die Mineralparagenesis von Glaukophan, Epidot, gemeinem Granat, Chlorit und Rutil weist auf kontaktmetamorph umgewandelte basische Eruptivgesteine hin. Es ist zwar anstehend dort kein jüngeres Intrusivgestein gefunden worden, welches die Metamorphose hätte hervorrufen können, doch läßt sich die Anwesenheit eines solchen in der Nähe vermuten. Die kleinen bostonitartigen Gänge, welche im Glaukophanschiefer auftreten, sind als aplitische Spaltungsgesteine eines saueren intrusiven Magmas aufzufassen und liefern somit einen Beweis für dessen Vorhandensein. Der Muskovitgehalt der Schiefer weist ebenfalls auf Kontaktmetamorphose hin.

IV. Die Konglomerate und Sandsteine des Miocäns schließen einzelne kleine Kohlenflöze und Kohleletten ein. Ein Profil aus den Steinbrüchen von Hwéka gibt ein anschauliches Bild der Lagerungsverhältnisse. Zu unterst liegt ein grobes Konglomerat. Diesem Konglomerat aufgelagert sind Sandsteine und Kohleletten und mit beiden wechsellagernd kleine Kohlenflöze, die höchstens eine Mächtigkeit von 2 cm erreichen. Darüber wieder befinden sich graublaue Sandsteine. Die Kohlenflöze sowie die Letten sind für diese Betrachtungen von wenig Interesse. In diesen Letten fanden sich die als Tetranthera Hwékonsis bestimmten Blattabdrücke. Von größerer Wichtigkeit erwies sich dagegen die Untersuchung der Sandsteine und Konglomerate. Denn kann der Beweis erbracht werden, daß diese miocänen Ablagerungen Gerölle von Jadeit und seinen Begleitgesteinen enthalten, so wird die Annahme F. Noetlings von einem postmiocänen Alter des Jadeits hinfällig. Den besten Beweis aber liefert hierfür der Umstand, daß das Konglomerat gerade auf Jadeitgerölle abgebaut wird.

Betrachten wir zunächst die Sandsteine. Wo dieselben der Verwitterung durch Atmosphärilien ausgesetzt waren, zeigen sie eine rote Farbe. Frisches Gestein jedoch hat eine dunkelblaugraue Farbe. Der Sandstein ist sehr massig ausgebildet, und bald sind die klastischen Gemengteile recht feinkörnig, bald größer, und schließlich geht das ganze Gestein in ein grobes Konglomerat über. Vereinzelt finden sich schlecht erhaltene verkohlte Pflanzenreste im Sandstein. Unter dem Mikroskop erkennt man folgende Mineralien, welche an der Zusammensetzung des Gesteins teilnehmen: Quarz bildet den Hauptbestandteil, kohlensaurer Kalk tritt als Bindemittel auf. Daneben findet sich Chlorit in gewundenen Blättchen mit kohliger Substanz auf den Spaltrissen. Bruchstücke eines frischen Plagioklases, Serpentinaggregate, viel Glaukonit, einige Zirkonkörner und schließlich etwas Magnetkies. Von einer kontaktmetamorphen Umwandlung des Gesteins wurde nirgends auch nur das geringste Anzeichen entdeckt. Es handelt sich um eine Reihe normal ausgebildeter unveränderter sedimentärer Sandsteine.

Besonderes Interesse verdienen weiterhin die Konglomerate bei Hwéka, weil dieselben eine nutzbare Jadeitlagerstätte darstellen. Aufgeschlossen sind sie unter dem Sandstein in einer Mächtigkeit von etwa 15 m. Die wahre Mächtigkeit des Konglomerats scheint jedoch viel bedeutender zu sein. In einer graugrünen lehmigen Masse liegen unzählige kleine und große, bis 1 cbm mächtige, abgerundete Blöcke der verschie-

densten Gesteine. Nur ein ganz geringer Teil dieser Gerölle besteht aus Jadeit, doch lohnt es sich für den Einheimischen, dieser spärlichen Jadeitgerölle wegen das Konglomerat abzubauen, da das Material von vorzüglicher Qualität ist und geradezu unglaubliche Preise erzielt. Die lehmige Zwischenmasse des Konglomerats besteht aus einem feinen Zerreibsel derselben Mineralien, welche den Sandstein zusammensetzen. Von den größeren Blöcken wurden Handstücke geschlagen und das Material mikroskopisch untersucht. Zunächst liegt ein Quarzitgerölle vor, von dunkler Farbe und muscheligem Bruch.

Mikroskopisch besteht es aus einem Aggregat von einzelnen Quarzkörnern, welche durch sekundären Quarz verkittet sind. Zwischen den Quarzkörnern befinden sich einzelne gewundene Muskovitblättchen. Ein geringer Gehalt an amorpher kohliger Substanz ist auf sekundäre Infiltration längs Rissen und Klüften zurückzuführen. In einem weiteren Dünnschliff von einem ganz ähnlichen, etwas gebänderten Stein treten zu Quarz und Muskovit noch einzelne Rutilkriställchen hinzu, welche sicher Neubildungen darstellen.

Einen weiteren Bestandteil des Konglomerats bilden Gerölle eines dunkelbraungrünen mittelkörnigen saussuritisierten Hornblendegabbros, welcher makroskopisch nur aus Hornblende zu bestehen scheint. Größere, stark zerfetzte Individuen von grünbrauner pleochroitischer Hornblende liegen in einem Aggregat typischer Saussuritmineralien wie Granat, Epidot, Klinozoisit und Albit. Höchst bemerkenswert ist wieder ein kleiner Gang, welcher nur Feldspat, und zwar Andesin, führt und das Gestein quer durchsetzt. Dieser kleine Gang ist eine ganz analoge Bildung zu den die Glaukophanschiefer durchsetzenden, früher beschriebenen Bostonitgängen. Ein weiterer ganz ähnlicher saussuritisierter Hornblendegabbro, makroskopisch mit hellen Flecken, enthält außer den soeben angeführten Mineralien noch größere angerundete Rutilkörner. Hier läßt sich auch der helle Untergrund zwischen dem Haufwerk der Saussuritmineralien zuweilen noch deutlich als Plagioklas erkennen. Als weiteres typisches Saussuritmineral tritt außerdem in diesen Gesteinen der Prehnit auf, ausgezeichnet durch die charakteristische Parkettierung der Durchschnitte im Dünnschliff. Es wurde dem Konglomerat ferner ein grobkörniger Bronzitit entnommen. Die Zusammensetzung dieses Pyroxenits ist die gewöhnliche: Bronzit mit akzessorischem Magneteisen. Auch der Serpentin fehlt unter dem Geröll nicht. Makroskopisch graugrün mit den sonstigen typischen Eigenschaften der Serpentine, besteht er mikroskopisch in der Hauptsache aus teils radial blättrigen, teils strukturlosen Aggregaten von Antigorit. Magneteisen ist das häufigste Erz. Doch findet sich daneben auch Chromit. Körnerhaufwerke von Karbonaten, wohl meist Magnesit, sind reichlich vorhanden. Der wichtigste, wenn auch der spärlichste Bestandteil des Konglomerats von Hwéka ist endlich der Jadeit. Derselbe soll an anderer Stelle eingehend besprochen werden.

V. Von den Serpentinen des Gebietes zwischen Hwéka und Haungpa gibt es nicht viel zu berichten. Es sind dies normale Serpentine, den an früherer Stelle beschriebenen ganz analog. Sie treten etwa 2 Meilen westlich von Hwéka an dem Wege nach Haungpa auf und bilden wieder lange, schmale Hochplateaus. An den Westhängen dieses Serpentingebirges, gegen den Uru zu, stellen sich breite Terrassen eines lateritähnlichen Brauneisensteins ein. Diese Terrassen, welche ein Areal von mehreren Quadratkilometern einnehmen, zeichnen sich dadurch aus, daß sie vollständig vegetationslos sind. Das Erz hat eine braune bis schwarzbraune Farbe und erdigen bzw. muscheligen Bruch.

Das Erz wurde im chemischen Laboratorium von Dr. Bender und Dr. Hobein in München quantitativ analysiert, wobei sich folgende Zahlen ergaben:

Kieselsäure	1,63
Eisenoxyd	77,54
Tonerde	7,37
Phosphor	Spuren
	86,54.

Der Rest ist anzusetzen für Wasser = 13,46.

Es fragt sich nun, welcher Entstehung dieses Eisenerz ist. Als Laterit läßt es sich schlechthin nicht erklären, da vor allen Dingen der Gehalt an Kieselsäure zu gering ist. Viel wahrscheinlicher ist, daß das Erz eine Ausscheidung bzw. einen Absatz von Eisenhydroxyd aus lakustren Gewässern ist. Es spricht dagegen nur der geringe Phosphorgehalt des Erzes. Mr. F. R. Mallet erklärt ähnliche Gebilde auf folgende Weise. Beim Verfaulen der Pflanzen bei Gegenwart von Eisenoxyden wird Sauerstoff diesen Oxyden entzogen, und dieselben werden zu Eisenoxydul reduziert. Dieses verbindet sich mit der Kohlensäure, welche bei der Pflanzenverwesung entsteht, zu Eisenkarbonat, welches bei Gegenwart von Kohlensäure im Wasser löslich ist. Wo solche Wasser sich in Sümpfen oder Seen dann ansammeln, nehmen sie Sauerstoff aus der Luft auf; das lösliche Eisenbikarbonat zersetzt sich, Kohlensäure

entweicht, und das so entstandene Eisenoxydul wird sofort zu Eisenoxyd oxydiert, wobei es sich als unlöslicher Niederschlag zu Boden setzt. Auf diese Weise dürfte auch unser Brauneisenerz entstanden sein, und wäre es somit als Seeerz zu bezeichnen.

VI. Als letzte Gesteinsgruppe bleibt schließlich noch die der jadeitführenden Serpentine und der angrenzenden „kristallinen Schiefer“ zu erörtern übrig, und zwar sollen in diesem Zusammenhang zuerst die „kristallinen Schiefer“ behandelt werden. Eine Nummerierung der einzelnen zu besprechenden Gesteinstypen erschien zweckmäßig, da in den einzelnen Kapiteln öfters ein Hinweis auf diese Gesteine gemacht werden wird.

1. Ein Saussuritgabbro; derselbe ist ein kompaktes, spezifisch schweres, grünes Gestein, welches eine große Anzahl erbsengroßer, heller Flecken aufweist. Unter dem Mikroskop sieht man, daß es sich bei diesen lichten Partien um größere Individuen von saussuritisiertem Feldspat handelt. Der frische Feldspat konnte als Albit bestimmt werden. Er birgt massenhaft Einschlüsse von zum Teil wohlbegrenzten größeren und kleineren Individuen von Klinozoisit, charakterisiert durch sehr anormale Interferenzfarben, neben welchen Epidot an Menge zurücktritt. Außerdem finden sich als Bestandteile hier noch Chlorit, Strahlstein und einige Titanite. Zwischen den einzelnen Feldspatpartieen liegt gleichsam als Zwischenmittel ein dichtes Gemenge von Chloritmineralien, an der Zwillingslamellierung als dem Klinochlor zugehörig erkenntlich. Klinozoisit und Epidot, letzterer bisweilen mit einer randlichen Umwachsung von Klinozoisit, treten massenhaft in dieser Grundmasse auf. Ferner ist noch Prehnit in strahlig-blättrigen Aggregaten nachgewiesen worden. (Vergl. Fig. 8 auf Taf. II.)

2. Ein weiterer Saussuritgabbro unterscheidet sich von dem ersten makroskopisch durch deutliche Schieferung und durch die viel kleineren weißen Punkte des Saussurits. Mikroskopisch ist es jedoch dasselbe Gestein. Einige Erzkörperchen wurden teils als Magnetit, teils als Chromit bestimmt. Im Unterschiede zu dem ersten Saussuritgabbro läßt sich jedoch hier besonders an den frischen Albiten deutlich eine Kataklasstruktur erkennen.

3. Wiederum ein kompakter dunkler Saussuritgabbro mit splittrigem Bruch. Er zeigt makroskopisch eine Unzahl kleiner roter Granaten. In der Grundmasse herrschen die dunklen Mineralien vor. Deutliche Flecken von hellem Saussurit wie bei den vorher beschriebenen Gesteinen lassen sich hier nicht unterscheiden. Das Mikroskop zeigt, daß eine licht braungrüne pleochroitische Hornblende den wesentlichen Bestandteil des Gesteins ausmacht. Kristallform wurde an der Hornblende nicht beobachtet, sondern sie erscheint in löcherigen zerfetzten Lappen. Weiterhin ist Almandin ein sehr verbreiteter Bestandteil. Auch dieser zeigt keine Kristallform. Der saussuritisierte Feldspat tritt hier an Menge hinter den übrigen Gemengteilen zurück. Von Saussuritmineralien wurde nur eisenreicher Klinozoisit beobachtet, dessen Interferenzfarben nicht so charakteristisch anormal sind wie die des gewöhnlichen Klinozoisits. Epidot ist nur in wenigen Körnchen vorhanden. Der Albit enthält eine große Menge kleiner Flüssigkeitseinschlüsse. Ganz besonders muß jedoch auf den hohen Gehalt dieses Gesteins an Titanmineralien hingewiesen werden. Es sind dies massenhafte löcherige und abgerundete Titanite mit Einschlüssen von kleinen Rutilkörnern. Da die Hornblende in dem Gestein eine so wichtige Rolle spielt, so wäre es besser als ein saussuritisierter Hornblendegabbro zu bezeichnen.

Max Bauer beschreibt in seiner Abhandlung über den Jadeit von Tawmaw ein Albithornblendegestein, welches aus der Gegend von Tawmaw stammen soll. Ein genau mit diesem übereinstimmendes Gestein ist mir aus der Gegend nicht bekannt, jedoch hat es mit dem soeben beschriebenen saussuritisierten Hornblendegabbro unzweifelhaft Ähnlichkeit. Der wesentliche Unterschied ist darin zu suchen, daß in dem von Bauer beschriebenen Gestein der Plagioklas frisch ist, daß infolgedessen auch die Saussuritmineralien wie Granat, Klinozoisit, Epidot etc. fehlen. Ferner zeigt Bauers Gestein eine Neubildung von grünen Pyroxenmineralien als randliche Umwachsung der Hornblende. Alles scheint darauf hinzudeuten, daß Bauer einen frischeren Hornblendegabbro beschreibt, welcher dem von mir aufgefundenen Gestein sehr nahe verwandt ist. Es ist mir jedoch nicht gelungen, das von Bauer beschriebene Gestein aufzufinden, und die Tatsache, daß Bauer seinen Albithornblendeschiefer als Bruchstück eines Gerölls bezeichnet, gestattet die Vermutung, daß derselbe aus einer weiteren Entfernung von Tawmaw stammt.

4. Zwei weitere Saussuritgesteine weichen von den beschriebenen makroskopisch etwas ab. Es sind helle, schiefrige, etwas gneisartige Gesteine, bei denen dunkelgrüne Partien mit helleren wechsellagern und so dem Gestein ein geflammtes Aussehen verleihen. Die Hauptmasse des Gesteins bildet ein kataklastisches Körneraggregat von saussuritisiertem Plagioklas. Letzterer besitzt zahlreiche Flüssigkeitseinschlüsse. Epidot, Klinozoisit, Titanit sowie Klinochlor stellen sich auch hier ein.

5. Ein sehr feinschiefriges, grünes und seidenglänzendes weiches Gestein, welches am einfachsten als Chloritschiefer bezeichnet werden darf. Mikroskopisch besteht das Gestein aus dichtem, schuppigem Klinochlor. Akzessorisch liegen in diesem Chlorit massenhafte, schlecht umgrenzte Individuen von Titanit, welche oft einen Rand von Leukoxen besitzen. Außerdem wurden vereinzelt Apatitnädelchen beobachtet.

6. Ein hellgrüngraues, kompaktes Gestein mit scharfkantigem Bruch. Jedenfalls ist auch dieses wieder zu dem Saussuritgestein zu rechnen.

Mikroskopisch besteht es hauptsächlich aus saussuritisiertem Plagioklas, neben welchem ein sehr kataklastisches Körneraggregat von Quarz auftritt. Ferner findet sich in Fetzen und Lappen eine stark pleochroitische grünblaue natronreiche Hornblende, welche als Karinthin bezeichnet werden kann; charakterisiert ist sie durch die blaugrüne Farbe des der Längsrichtung zunächst schwingenden Strahls. Unzweifelhaft stellt sie Übergangsformen zu Glaukophan dar. Es wurden weiterhin massenhaft Epidot und einige Klinozoisitkörner beobachtet. Titanit und Klinochlor sind mit wenigen Individuen vertreten.

7. Ein etwas schiefriges Saussuritgestein, in welchem grüne Lagen mit weißgrauen wechsellagern. Mikroskopisch erkennt man zunächst ein sehr kataklastisches Quarzzerreibsel. Daneben findet sich ein saussuritisierter Plagioklas mit vielen Körnern von eisenreichem Klinozoisit. Epidot und wenig Titanit kommen untergeordnet vor.

8. Es handelt sich hier um ein hellgraues, hartes Gestein, bei welchem man makroskopisch nur Quarz erkennt. Es entstammt dieses Gestein einer die „kristallinen Schiefer" durchsetzenden Quarzader. Der Quarz zeigt unter dem Mikroskop undulöse Auslöschung und eine ausgezeichnete Kataklasstruktur. Einige spärliche Glimmerblättchen (Muskovit) und kleine Rutilkörner liegen zwischen den Quarzindividuen. Ferner enthält das Gestein einige in Brauneisen umgewandelte Pyritkristalle mit Einschlüssen, welche die sechsseitige Kristallform des Apatits zeigen. Offenbar ist die Apatitsubstanz durch die aus der Verwitterung des Schwefelkieses entstandene Schwefelsäure zerstört und weggeführt worden.

9. Ein mittelkörniger lichter Granit. Makroskopisch sind Quarz und Feldspat die Hauptgemengteile, neben welchen Biotit und eine dunkle Hornblende eine untergeordnete Rolle spielen. Mikroskopisch zeigt der Quarz die Erscheinung des Quarz vermiculé, d. h. im Feldspat sind Quarze, welche wurmförmige Durchschnitte zeigen, eingewachsen. An Feldspaten finden sich sowohl Orthoklas und Plagioklas (Oligoklas-Andesin). Pertitische Verwachsung von Orthoklas und Plagioklas ist recht häufig. Biotit, oft im Feldspat eingewachsen, ist, wie gesagt, spärlich im Gestein verteilt. Die Hornblende in korrodierten Kristallen ist mikroskopisch braungrün und deutlich pleochroitisch. Schließlich zeigen sich mikroskopisch noch einzelne stark licht- und schwach doppelbrechende tiefbraune und pleochroitische Körner von Orthit. Die Form des Auftretens dieses saueren Eruptivgesteins ist gangartig. Es durchsetzt die „kristallinen Schiefer" nach allen Richtungen. Kontakterscheinungen, welche durch dasselbe hervorgerufen wurden, sollen später erörtert werden.

Die Serpentine von Tawmaw und dessen näherer Umgebung verdienen eine genauere Betrachtung. Makroskopisch erweisen sie sich als ganz normale Gesteine von dunkelgrüner bis grüngrauer Farbe und scharfkantigem Bruch. Überall sind dieselben massig entwickelt. In unmittelbarer Nähe der Jadeitgruben bei Tawmaw zeichnet sich der Serpentin durch einen makroskopisch erkennbaren ziemlich hohen Gehalt an Chromit aus. Das Erz findet sich in breiten Streifen und Putzen, welche aus einem Haufwerk kleiner Chromitkörner bestehen. Besonders schön tritt diese Erscheinung dort hervor, wo auf dem Serpentin sich eine rotbraune Verwitterungskruste gebildet hat. Im Handstück sind derartige mit Chromit durchsetzte Serpentine kaum von den aus Kraubat in Steiermark bekannten Vorkommnissen zu unterscheiden. Von irgendwelcher praktischer Bedeutung ist der Chromit von Tawmaw jedoch nicht, da das Erz in zu wenig kompakten Massen und in zu geringer Menge auftritt.

Auch mikroskopisch ist das Erz in diesen Serpentinen ziemlich weit verbreitet, zeigt jedoch nur selten Kristallform, sondern bildet meist nur Körnerhaufwerke und dünne Schnüre. Neben Chromeisen findet sich auch noch untergeordnet Magneteisen. Die Serpentinmineralien treten in allen bekannten Varietäten auf; Antigorit mit der charakteristischen Gitterstruktur, typischer Bastit und Olivin mit beginnender oder weit vorgeschrittener Umwandlung in Chrysotil bilden die Hauptbestandteile der Serpentine. Klinochlor konnte ebenfalls nachgewiesen werden. Bemerkenswert ist, daß die Serpentine aus den Steinbrüchen von Tawmaw stets besonders reich sind an Resten von Olivin, während in den an den Berghängen der Umgegend geschlagenen Stücken der Olivin vollständig serpentinisiert ist. Von ganz untergeordneter Bedeutung ist eine dünne Inkrustation von Graphit auf einer kleinen Verwerfungskluft im Serpentin.

Es möge noch kurz einiges über die Erscheinungsform und die gegenseitigen Beziehungen von Serpentin zu den kristallinen Schiefern berichtet werden. Der Serpentin bildet auch hier wieder ein langes, schmales Hochplateau und vermutlich den Kern des ganzen Bergstocks. Beim Abstieg in die Täler des Uru im Osten und eines seiner Nebenflüsse im Westen traf ich beiderseits auf die oben beschriebenen „kristallinen Schiefer", und zwar in ganz analoger Reihenfolge. Auf der Westseite stehen die feingefleckten, die ganz dichten grauen und die granatführenden Saussurite an, welche unter den Nummern 1, 2, 3, 4 und 7 beschrieben wurden. Auf der Ostseite fehlen die Granatsaussurite, und an ihre Stelle treten die Karinthin-Glaukophanschiefer (Nr. 6). Chloritschiefer (Nr. 5) wurden an den Nordosthängen anstehend gefunden. Der Granit (Nr. 9) bildet zum Teil recht

mächtige Gänge in diesen Gesteinen, setzt aber, wie es scheint, niemals in den Serpentin über. Als den Granitapliten gleichwertige Bildungen treten weithin verfolgbare Quarzadern auf (Nr. 8). Die Saussuritfelse setzen sich in kleinen Hügeln bis in die Nähe von Lonkin fort.

Von größtem Interesse sind die Gesteine, welche mit dem Jadeit selbst zusammen in den Steinbrüchen von Tawmaw vorkommen. Vor allen Dingen ist dies der Serpentin, wie er bereits soeben geschildert wurde. Zweitens wurde ein Feldspatgestein gefunden, welches eingehend untersucht wurde. Makroskopisch ist es bald rein weiß, bald grauweiß, außerordentlich kompakt und von splittrigem Bruch. Dies Gestein sieht den weißen Varietäten von Jadeit verblüffend ähnlich. Es ist sehr stark kantendurchscheinend und zeigt gerade so wie der Jadeit einzelne grüne Flecken in lichter Grundmasse. An einigen Stücken ist eine deutliche Bänderung auffallend, welche durch abwechselnde, dunkelgraue, grünliche und weißliche Partien hervorgebracht wird. Größere Handstücke dieses Gesteins zeigen Einschlüsse von grünem Hornblendeschiefer, wieder andere gangartige Bildung eines grauschwarzen Gesteins, so daß es bald den Anschein gewinnt, als ob das Feldspatgestein Intrusionen im Hornblendeschiefer bildet, bald als ob umgekehrt ein dunkles, dem Hornblendeschiefer verwandtes Gestein den Feldspat gangförmig durchsetzte. Zum Beweise der großen makroskopischen Ähnlichkeit des Feldspatgesteins mit dem Jadeit sei erwähnt, daß eine große Anzahl solcher Stücke für Jadeit gehalten und als Jadeit gesammelt wurden. Erst bei genauerer Untersuchung fiel es auf, daß das Gewicht solcher Steine im Vergleich mit dem Gewicht echter Jadeite bedeutend geringer war. Es wurde dann das spezifische Gewicht aller verdächtigen Stücke mit Westfals Wage geprüft, und es stellte sich heraus, daß sie nur das spezifische Gewicht 2,577 hatten gegenüber dem spezifischen Gewicht von Jadeit 3,338.

Unter dem Mikroskop erkennt man, daß dieser Pseudojadeit aus einem stark kataklastischen Feldspataggregat besteht (Fig. 10). Die Zertrümmerung des Feldspats ist eine außerordentlich intensive und hat zur echten Mörtelstruktur geführt. Dieser Kataklase verdankt das Gestein wohl seine durchscheinende Beschaffenheit. Selbstverständlich ist es nicht leicht, in einem derartigen Material Feldspatdurchschnitte zu treffen, welche auf optischem Wege bestimmbar sind. Doch gelang es nach langem Suchen, solche zu finden. Und stets wurde der Feldspat nach der Methode von Fouqué als Albit bestimmt. Mit dem Resultat der optischen Untersuchung stimmt auch die chemische Analyse des Gesteins überein. (Diese Analyse wurde ebenfalls im Laboratorium von Dr. Bender und Dr. Hobein ausgeführt.)

Kieselsäure . . .	67,10
Tonerde	20,42
Eisenoxyd . . .	0,23
Kali	3,20
Natron	8,93

Summa 99,88.

Etwas auffallend ist der hohe Gehalt an Kali; sonst zeigt dieser Feldspat jedoch keine Abweichung von den normalen Albiten. Unter dem Mikroskop erklärt sich auch das Auftreten von gangartigen Bildungen von dunklem Gestein in diesem Feldspatit. Es handelt sich dabei ganz einfach um bandartige Züge von enggescharrtem Graphitstaub, welcher in breiten Bändern das Gestein durchzieht. Dieser Graphit liegt ausschließlich auf Spaltrissen und zwischen den einzelnen Plagioklaskörnern und erweist sich somit als ein sekundär zugewandertes Mineral. Akzessorisch finden sich hier ferner Haufwerke von winzigen Titaniten. Wo dieses Gestein den Atmosphärilien ausgesetzt war, zeigt es eine deutliche Verwitterungskruste. Es verliert dann seine Durchsichtigkeit und wird milchig und trübe. An einem Dünnschliff ließ sich der Kontakt zwischen Feldspatgestein und Amphibolit studieren. Wieder zeigt der Feldspatit die lichte durchsichtige Form und grenzt scharf an den lichtgrünen, seidenglänzenden Schiefer. Letzterer besteht aus einem Strahlsteinaggregat, dessen einzelne Individuen mannigfach gewunden erscheinen. Zwischen den Strahlsteinkristallen hat sich Chlorit gebildet. Ferner wurde noch ein farbloser Magnesiaglimmer beobachtet. Der Albit ist überall in den Schiefer in kleinen Schnüren eingedrungen und hat offenbar Teile des Hornblendeschiefers resorbiert. Einzelne Strahlsteinnadeln schwimmen gleichsam in der Feldspatsubstanz.

Diese Hornblendeschiefer treten in größerer Mächtigkeit zusammen mit dem Feldspatit sowie mit dem Jadeit auf. Es sind dies zum Teil recht schiefrige, bald hell-, bald dunkelgrüne Gesteine, welche bisweilen aus einem filzigen Haufwerk von Strahlstein, andererseits wieder aus einer gröberkörnigen Varietät desselben Minerals zusammengesetzt sind. Sie brechen schieferig und in Flatschen.

Mikroskopisch sieht man, je nachdem das vorliegende Handstück grobkörnig oder filzig ist, eine dickprismatisch ausgebildete Hornblende oder eine stenglige Ausbildung derselben; bestimmt wurde sie als Strahlstein. Kataklasstruktur ist auch hier ausgeprägt und besonders dadurch erkenntlich, daß zwischen den größeren Individuen von Hornblende ein feines Zerreibsel derselben liegt. In einem solchen Hornblendeschiefer wurde zwischen dem faserigen Strahlstein ein Chloritmineral beobachtet, welches besonders starken Pleochroismus in saftgrünen Farben zeigt. Vermutlich wird dieser Pleochro-

ismus auf einen geringen Chromgehalt im Chlorit zurückzuführen sein.

Von diesen Strahlsteinschiefern unterscheidet sich ein anderer Hornblendeschiefer schon makroskopisch durch seine graublaue Farbe. Das Mikroskop zeigt, daß das Gestein lediglich aus Hornblende besteht, und zwar aus ein und derselben Hornblende in zwei Ausbildungsformen, nämlich in größeren, kristallographisch schlecht begrenzten Individuen und in einer feinen, asbestartigen Varietät. Diese Hornblende ist graublau bis grünblau, stark pleochroitisch, zeigt anormale Interferenzfarben und starke Dispersion der optischen Achsen. Außerdem ist sie durch schiefe Auslöschung und zonaren Aufbau charakterisiert. Sie gehört offenbar zu den natronhaltigen Amphibolen und bildet ein Übergangsglied zum Glaukophan. Auch M. Bauer beschreibt einen Hornblende-(Glaukophan-)Schiefer, welcher der Beschreibung nach große Ähnlichkeit mit dem soeben angeführten hat. Diese Glaukophanschiefer treten gern im Kontakt mit Jadeit auf und sind meist grob ausgebildet. Sie gehen ganz unmerklich in die Strahlsteinschiefer über.

Interessant ist weiterhin ein Gestein von tiefsmaragdgrüner Farbe und hohem spezifischen Gewicht. Dasselbe ist recht kompakt und besteht, abgesehen von einem geringen Gehalt an Chromeisenerz, homogen aus ein und demselben Mineral. Einzelne Kristalle konnten nicht isoliert werden, sondern es scheint nur in derber Form aufzutreten.

Die mikroskopische Untersuchung lehrte, daß es sich um ein Glied der Epidotgruppe handelt. Lichtbrechung, Spaltbarkeit, Härte und spezifisches Gewicht sind dieselben wie beim gewöhnlichen Epidot. Die Farbe ist smaragdgrün mit ausgezeichnetem Pleochroismus (a = c smaragdgrün, b gelb). Die Achsenebene des optisch negativen Minerals liegt in der Hauptzone, welche gleichfalls optisch negativ ist. Bei einem Achsenwinkel von ca. 45° mit sehr starker Dispersion $v > \rho$. Zwischen gekreuzten Nicols zeigen sich tiefgrüne und rote anomale Interferenzfarben. Die Ausbildung der einzelnen mikroskopischen Individuen ist ganz verschieden. Bald sind es kleine runde Körner, bald gewundene, dem Glimmer ähnliche Blätter. Offenbar handelt es sich um Erscheinungen von mechanischer Deformation. Die quantitative Analyse lieferte folgendes Resultat:

Kieselsäure	37,92
Eisenoxyd	9,93
Tonerde	12.83
Chromoxyd	11.16
Kalk	25,35
Wasser	2,38
Summa	99,57

Mit Analysen des gewöhnlichen Epidots verglichen, muß der niedere Gehalt an Eisenoxyd und Tonerde auffallen. Dafür nimmt aber Chromoxyd einen bedeutenden Anteil an der Zusammensetzung des Silikats und vertritt sowohl Tonerde als auch Eisenoxyd. Es wäre dieses Mineral also direkt als Chromepidot zu bezeichnen, und da es eine bislang noch nicht beschriebene Varietät von Epidot ist, so möchte ich für dieses neue Mineral den Namen Tawmawit vorschlagen.

Als wichtigstes Glied dieser ganzen Gesteinsgruppe soll endlich der Jadeit besprochen werden. Die Rolle, welche der Jadeit als Kulturobjekt in der Völkergeschichte spielt, ist seit langer Zeit von weitgehendstem Interesse gewesen. Diese Frage soll jedoch hier nicht berührt werden. Ich weise aber auf die interessanten Arbeiten von F. Berwerth in Wien hin, der die Jadeit-Nephrit-Frage in diesem Sinne eingehend behandelt.

Unzweifelhaft kommt der größte Prozentsatz alles Jadeitmaterials, welches jetzt in China verarbeitet wird, aus den Gruben und Steinbrüchen von Tawmaw und Hwéka. Der Burmese und Kachin nennt den Jadeit Chauk Sen (Grüner Stein), der Chinese fei ts ui (ein Stein von der grünen Farbe, wie sie in der Pfauenfeder erscheint). Der Jadeit ist ein schweres, außerordentlich zähes und hartes Gestein. Meist ist er ganz fein kristallinisch ausgebildet; doch finden sich auch gröber kristallinische Varietäten darunter. Der Bruch ist scharfkantig und rauh. An einzelnen Stücken beobachtet man plattige Absonderung.

Was die Farbe des Jadeits anbetrifft, so ist als charakteristische Farbe ein blendendes Weiß anzugeben. Solche Stücke haben im Aussehen große Ähnlichkeit mit dichtem, weißem Marmor. Der so hoch geschätzte edle grüne Jadeit steht hinter dem weißen an Menge weit zurück. Er bildet bald kleine Flecken, bald faust- bis kopfgroße Partien im weißen und geht vermittelst einer schmalen Zone lichtgrüner Ränder in den weißen über. Diese lichtgrünen Partien breiten sich gleichsam wie die pleochroitischen Höfe einzelner Mineralien im Dünnschliff um die Flecken des edlen Jadeits aus. In der Literatur wird der grüngefleckte weiße Jadeit als charakteristisch für die Lagerstätten von Burma angeführt. Es lassen sich deutlich zwei verschiedene Arten der Grünfärbung unterscheiden; die eine ist das leuchtende Grün, wie wir es vom Smaragd kennen, die andere ist ein mattes und dunkleres Grün, welches mehr als flaschengrün zu bezeichnen ist. Außer diesen grünen Farben zeigt ein zuckerkörniges kleines Stück Jadeit eine zarte rötlichviolette Farbe, ähnlich der des Amethysts. Einige interessante Mitteilungen über die Farben im Jadeit gibt das Prachtwerk Investigations and Studies of Jade (Nr. 16). Chemische Analysen sollen darnach nur wenig Auskunft erteilen können über die Natur der

verschiedenen Farben. Es sollen hauptsächlich die Verbindungen von Eisen, Chrom und Mangan sein, welche die verschiedenen Farbennuancen im Jadeit hervorrufen. Demnach verdanken die smaragdgrünen Flecken ihre Farbe einer geringen Beimengung von Chrom, die flaschengrünen die ihrige einer Beimengung von Eisen, während die violette Farbe auf einen allerdings nur sehr schwer nachweisbaren Gehalt an Mangan zurückzuführen ist. Das Lötrohr gibt bei den grünen Varietäten Chrom- und Eisenreaktion. Fein verteilte Mangan- und Eisenoxyde sollen die bisweilen makroskopisch beobachtete Graufärbung des Jadeits bedingen. Vor Jahren wurde in den Ablagerungen des Uru eine rote Varietät von Jadeit gefunden; doch dürfte diese Farbe sekundärer Entstehung sein. Leider gelang es mir nicht, in den Besitz eines derartigen Stückes zu gelangen.

Der Chinese unterscheidet eine große Anzahl von Jadeitqualitäten nach ihrer Farbe und Durchsichtigkeit. Die hauptsächlichsten sollen kurz aufgezählt werden. Mya Yea Chauk ist die feinste Qualität; sie ist durchsichtig und zeigt eine leuchtende smaragdgrüne Farbe. Größere Stücke (etwa nußgroß) sind verhältnismäßig selten und werden mit sehr hohen Preisen bezahlt. Schwe Lu kommt an zweiter Stelle. Hier ist die Farbe heller als bei Nr. 1, und die Stücke sind etwas trüber. Bei der dritten Qualität, Lat Yea, herrscht eine trübe grüne Farbe vor. Der Stein sieht wolkig aus und ist nur kantendurchscheinend. Größere Stücke hiervon sind keine Seltenheit. Hmaw Sit Sit ist ein dunkelgrüner undurchsichtiger Jadeit. Derselbe wird auch hoch bezahlt. Kon Pi ist der bereits erwähnte rote Stein, welcher ebenfalls sehr gute Preise erzielt. Chauk Tha und Pan Tha sind zwei verschiedene Qualitäten von weißem Jadeit. Der erstere ist mattweiß, letzterer von brillanter weißer Farbe mit hohem Glasglanz. Sehr große Blöcke von edlem Jadeit finden sich in dem Konglomerat von Hwéka, während die Hauptmasse des Jadeits von Tawmaw weiß ist.

Mineralogisch wird der Jadeit als ein Glied der Pyroxenreihe angesehen. Im Dünnschliff untersucht, besteht ein Jadeitgestein aus einem Aggregat richtungslos durcheinandergewachsener Pyroxenkristalle. Wohlausgebildete Individuen von Jadeit sind an Material aus Burma noch nicht beobachtet worden. Die Ausbildung der kristallographisch schlecht begrenzten Individuen ist meist prismatisch (Fig. 5). An Querschnitten tritt die ausgezeichnete Spaltbarkeit der Pyroxene charakteristisch hervor. Kataklasstruktur wurde durchgehend beobachtet. Sie kommt dadurch zum Ausdruck, daß die einzelnen Kristalle geknickt, gebogen und ausgefranst sind (Fig. 6), und ferner dadurch, daß oft zwischen den größeren Jadeitindividuen ein aggregatpolarisierendes Haufwerk desselben Minerals liegt (Fig. 7). Undulöse Auslöschung ist weit verbreitet. Einzelne Blättchen zeigen eine feine Zwillingslamellierung. M. Bauer berichtet darüber, wie folgt: „Verzwillingte Prismen sind besonders häufig mit allen ihren Lamellen mehr oder weniger gebogen und nicht selten an den Enden ausgefasert. Auch scheint es, das diese Zwillingsbildung häufiger ist, je stärker die Masse im ganzen zertrümmert ist, und daß sie so gut wie ganz fehlt, wo die Kataklasstruktur zurücktritt. Man muß daraus schließen, daß der Gebirgsdruck und ebenso natürlich auch jeder andere Druck unter günstigen Umständen in dem Jadeit eine ähnliche Umlagerung der Moleküle in die Zwillingsstellung bewirken kann wie beim Kalkspat, wenn auch weniger leicht, da, wie es den Anschein hat, die Erscheinung beim Jadeit selten ist. Was die Zwillingsfläche anbelangt, die hier dann wahrscheinlich die Bedeutung einer Gleitfläche haben würde, so ist es, wie einzelne Kristalle deutlich gezeigt haben, die Querfläche, also dieselbe Fläche, die auch sonst beim Pyroxen so häufig als Zwillingsfläche auftritt.“

Jadeit ist im Dünnschliff auch in den makroskopisch tiefgrün gefärbten Varietäten meist farblos. Nur an wenigen Individuen konnte eine lichtgrüne Farbe beobachtet werden, und dann war auch ein ausgezeichneter Pleochroismus vorhanden. Diese leichte smaragdgrüne Färbung ist auf einen geringen Chromgehalt zurückzuführen; und zweifellos ist Chrom hier in die Konstitution des Jadeits eingetreten, etwa für Eisenoxyd oder Tonerde. Eine Färbung, welche durch Eisen oder Mangan hervorgerufen ist, kann im Dünnschliff nicht mehr nachgewiesen werden. Auffallend ist jedenfalls, daß derartige grüne Partien allseitig von reinem weißen Jadeit umschlossen werden. M. Bauer ist der Ansicht, daß die Grünfärbung, speziell die schöne smaragdgrüne, durch eine lokale Imprägnation der einzelnen Mineralkörner durch einen grünen chromhaltigen Farbstoff stattgefunden habe. Ist nun aber Chrom in der Konstitution des Jadeits nachgewiesen worden, so kann von einer Imprägnation nicht gesprochen werden. Außerdem gibt diese Theorie auch keine befriedigende Erklärung über das Erscheinen von vereinzelten grünen Flecken im weißen Gestein. Auf diese Frage werde ich im genetischen Teil dieser Arbeit nochmals zu sprechen kommen.

Die optischen Eigenschaften des Jadeits sollen der Vollständigkeit halber hier noch kurz angeführt werden. Licht- und Doppelbrechung sind annähernd dieselben wie die des Diopsids. Auf Längsschnitten,

welche gerade Auslöschung zeigen, beobachtet man, daß die Ebene der optischen Achsen parallel zu den Spaltrissen liegt. Der Achsenwinkel beträgt annähernd 70°. „Die Auslöschungsschiefen“ — schreibt Bauer — „auf Längsschnitten, in denen nur ein einziges System von untereinander parallelen Spaltrissen hervortritt, steigt bis zu sehr hohen Beträgen; ich habe bis 40° gegen die letzteren gemessen. In zahlreichen Längsschnitten ist die Auslöschung aber auch ganz gerade; eine Schwingungsrichtung ist den Spaltrissen parallel, die zweite senkrecht zu ihnen.“ Als normale Auslöschungsschiefe wäre eine solche von 36° anzugeben.

Das spezifische Gewicht des Jadeits wurde mit Westfals Wage an einem kleinen grünen Stück bestimmt, welches als Ringstein geschliffen ist und aus Tawmaw stammt. Es ergab sich dabei, daß das spezifische Gewicht genau das gleiche war wie das der verwendeten schweren Flüssigkeit (Kadmium-Borowolframat), nämlich 3,27. In Amerika wurde das spezifische Gewicht von 101 Stücken Jadeit bestimmt. Davon hatten 43 Stücke das spezifische Gewicht 3,33; 27 Stücke 3,32; 8 Stücke 3,31; 4 Stücke 3,30 und 19 Stücke 3,20. M. Bauer gibt Werte von 3,325 bis 3,338 an. Ferner sind auch noch niedrigere Werte von 3,10 gefunden worden. Jedenfalls läßt sich als Durchschnittszahl für das spezifische Gewicht des Jadeits 3,32 angeben. Die Schwankungen in den Zahlen des spezifischen Gewichts sind zweifellos auf Verunreinigungen irgendwelcher Art zurückzuführen. Die Härte des Jadeits ist annähernd 7; sie steht nur wenig hinter der des Quarzes zurück. Die hervorragendste Eigenschaft des Jadeits ist unzweifelhaft seine außerordentliche Zähigkeit. Es ist geradezu unmöglich, denselben mit dem Hammer zu zertrümmern. Der Grund hierfür ist in der mikroskopisch deutlich erkennbaren verwobenen Struktur der Jadeitindividuen zu suchen.

Sehr interessant sind in dieser Hinsicht die Versuche, welche an Stücken von Jadeit aus Burma in Amerika ausgeführt wurden, und deren Resultate in dem Werke „Investigations and Studies of Jade“ publiziert worden sind. Diese Resultate sind so lehrreich, daß ich sie kurz wiedergeben möchte. Die Versuche wurden nach dreierlei Richtung ausgeführt: 1. um den Widerstand zu prüfen, welchen der Jadeit dem Stoß entgegensetzt; 2. um den Widerstand gegen Druck und 3. um den Widerstand gegen Zug zu messen. Als Versuchsmaterial wurde ein Stück Jadeit genommen von dem spezifischen Gewicht 3,312, der Härte 7, hellgrauer Farbe und stellenweise grün gefleckt. Die Gesamtenergie, welche aufgewendet wurde, um einen Würfel von 0,506 Zoll dieses Materials zu zertrümmern, betrug 5 050 000 Zentimetergramm; für einen zweiten Würfel von der Seitenlänge 0,584 Zoll 6 328 000 Zentimetergramm; für einen dritten Würfel von der Seitenlänge 0,5004 Zoll 5 356 000 Zentimetergramm und für einen vierten von 0,503 Zoll Seitenlänge 8 646 000 Zentimetergramm.

Tabellarische Übersicht der Resultate.

Stück Nr.	Richtung des Schlages	Anzahl der Schläge bis zum Zerbrechen	Energie des letzten Schlages in cmg	Gesamte aufgewendete Energie in cmg
1	Senkrecht zur Spaltbarkeit	100	100 000	5 050 000
2	In der Richtung der Spaltbarkeit	112	112 000	6 328 000
3	do.	103	103 000	5 356 000
4	Senkrecht zur Spaltbarkeit	131	131 000	8 646 000

Die Versuche, um den Widerstand des Jadeits gegen Druck zu prüfen — die Versuche wurden von Prof. Woolson mit einer „Emery hydraulic testing machine“ ausgeführt — lieferten folgende Resultate. N. B. Das Material war wieder derselbe Jadeit aus Upper Burma, und zwar 1. ein Würfel von den Dimensionen 1,001 × 1,013 × 1,009 Zoll und einem Flächeninhalt von 1,022 Quadratzoll, 2. ein Würfel von den Dimensionen 1,004 × 1,021 × 1,018 Zoll und einem Flächeninhalt von 1,039 Quadratzoll.

Tabellarische Übersicht der Resultate.

Stück Nr.	Maximum des aufgesetzten Gewichts in engl. Pfunden	Stärke des Materials gerade vor dem Zerbrechen auf den Quadratzoll in lbs berechnet	Resultierende Zusammendrückbarkeit in Zoll	Wurde gemessen bei einem Gewicht von lbs
1	94 450	92 416	0,027	75 000
2	79 180	76 208	nicht meßbar	—

Zum Vergleich der Zähigkeit des Jadeits mit der anderer Substanzen findet sich noch folgende interessante Tabelle in dem Werk.

Ohne zu zerbrechen kann 1 Quadratzoll

	mit Gewichten von lbs (min.)	lbs max)
Sandstein	5 000	15 000
Kalkstein	7 000	20 000
Granit	15 000	35 000
Milder Stahl	40 000	60 000
Gewöhnlicher Stahl . .	60 000	80 000
Gußeisen	60 000	80 000
Jadeit	41 000	95 000

belastet werden.

Die folgende Tabelle soll veranschaulichen, welche Zusammendrückung erfolgte durch fortgesetzte Vermehrung des Druckgewichtes um je 1000 engl. lbs auf den Quadratzoll. Es folgt darauf eine instruktive Vergleichstabelle der Werte des Elastizitätsmoduls verschiedener Substanzen mit denen des Jadeits.

Tabelle I.

Aufgesetzte Gewichte in lbs auf den Quadratzoll	Ablesungen am Kompressometer in Zoll	Verlängerung des Versuchsstückes in Zoll		Der elastische Widerstand oder Elastizitätsmodul
		Wahre Verlängerung	Unterschiede der Verlängerungen	
500	—	—	—	—
700	0,018 40	—	—	—
1 000	0,018 44	0,000 04	—	—
2 000	0,018 50	0,000 10	0,000 06	—
3 000	0,018 50	0,000 10	0,000 00	14 900 000
4 000	0,018 60	0,000 20	0,000 10	11 200 000
5 000	0,018 60	0,000 26	0,000 04	11 500 000
6 000	0,018 66	0,000 26	0,000 00	14 400 000
7 000	0,018 71	0,000 31	0,000 05	14 500 000
8 000	0,018 71	0,000 31	0,000 00	16 900 000
9 000	0,018 71	0,000 31	0,000 00	19 300 000
10 000	0,018 77	0,000 37	0,000 06	18 200 000
12 000	0,018 77	0,000 37	0,000 00	22 200 000
14 000	0,018 77	0,000 37	0,000 00	26 400 000

u. s. w. bis zum Zerbrechen des Materials. Der Elastizitätsmodul erreicht einen Maximalwert von 47 000 000.

Tabelle II.

Der Elastizitätsmodul schwankt bei

Stahl	von	28 000 000	bis zu	30 000 000
Gußeisen	-	12 000 000	- -	27 000 000
Marmor	-	6 000 000	- -	14 000 000
Granit	-	2 000 000	- -	9 000 000
Kalkstein . . .	-	3 000 000	- -	5 000 000
Sandstein . . .	-	1 000 000	- -	5 000 000
Jadeit	-	3 000 000	- -	47 000 000

Die außerordentlich hohe Zahl von 47 000 000 für den Elastizitätsmodul beweist die große Zähigkeit des Jadeits. Von viel geringerem Interesse sind die Zugversuche, welche an Jadeit ausgeführt wurden, und ich will dieselben daher hier nicht anführen. Eine weitere von den Chinesen am Jadeit geschätzte Eigenschaft, welche in direkter Beziehung mit dem hohen Elastizitätsmodul steht, ist der helle Klang, welchen dünne Jadeitplatten beim Anschlagen geben.

Chemisch ist der ideal reine Jadeit ein Natrium - Aluminium - Metasilikat von der Formel $Na\,Al\,(Si\,O_3)_2$ und der chemischen Zusammensetzung: Kieselsäure 59,40 Proz., Tonerde 25,25 Proz. und Natron 13,35 Proz. Die zahlreichen Jadeitanalysen zeigen jedoch, daß das Mineral in dieser Reinheit niemals auftritt. Meist vertreten geringe Mengen von Eisenoxyd, bisweilen auch, was allerdings analytisch nicht direkt nachgewiesen wurde, Chromoxyd, äquivalente Mengen von Tonerde. Ferner können bis zu 4 Proz. Kali gleiche Mengen von Natron ersetzen. Kalk und Magnesia, welche selten fehlen, machen zusammen bis 3 Proz. des Ganzen aus.

In dem Werke „Investigations and Studies of Jade“ findet sich eine sehr lehrreiche Zusammenstellung von Jadeitanalysen. Fünf dieser Analysen, welche an Material aus Burma ausgeführt worden sind, will ich hier wiedergeben. Es schließt sich daran eine kurze Tabelle an, in welcher statt Eisenoxyd sein Äquivalent in Tonerde, für Kali, Kalk und Magnesia die Äquivalente zu 100 Proz. umgerechnet sind. Diese umgerechneten Analysenresultate lassen sich übersichtlich mit der idealen Zusammensetzung des Jadeits vergleichen, und die Übereinstimmung ist recht befriedigend.

	Analyse Nr.				
	I.	II.	III.	IV.	V.
Spez. Gewicht	3,3394	3,3381	3,3373	3,3303	3,3287
Kieselsäure . .	58,48	59,02	58,40	57,60	58,69
Tonerde . . .	23,57	24,88	27,05	25,75	25,56
Eisenoxyd . .	1,68	1,33	—	—	—
Magnesia . . .	1,33	1,10	0,57	0,13	0,11
Kalk	1,62	1,15	0,65	0,58	0,58
Natron	10,33	11,21	11,37	13,31	13,09
Kali	3,09	1,34	2,20	2,20	1,54
Eisenoxydul .	—	0,28	—	—	—
Manganoxydul	—	0,19	—	—	—
Wasser	0,16	0,07	0,18	0,25	0,17
Summa .	100,26	100,47	100,42	99,82	99,74

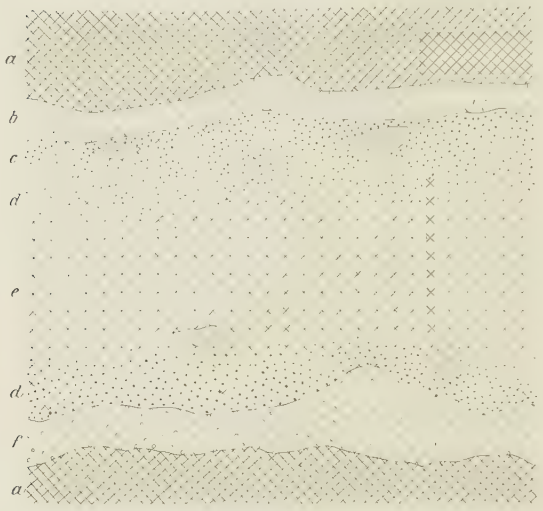
	Umgerechnete Analysen				
	I.	II.	III.	IV.	V.
Kieselsäure . .	58,48	59,02	58,40	57,60	58,69
Tonerde . . .	24,59	25,59	27,05	25,75	25,56
Natron	16,22	15,01	14,34	15.54	14,88
Summa .	99,29	99,62	99,79	98,89	99,13
Kieselsäure . .	58,90	59,25	58,52	58,25	59,20
Tonerde . . .	24,77	25.69	27,12	26,04	25,79
Natron . . .	16,33	15,07	14,36	15,71	15,01
Summa .	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Mit diesen Analysenresultaten stimmen ganz vorzüglich überein diejenigen, welche C. Busz in Marburg ebenfalls an Jadeit aus Upper Burma ausgeführt, und welche M. Bauer in seiner Arbeit über den Jadeit in Tawmaw publiziert hat.

Obwohl hohes spezifisches Gewicht, Härte etc. sehr gegen ein Glied der Pyroxenreihe sprechen, so faßt man den Jadeit doch als einen monoklinen Pyroxen auf von der Formel $Na\,Al\,Si_2\,O_6$. Tatsächlich zwingende Beweise für die Annahme, daß der Jadeit ein Pyroxen ist, sind jedoch nicht vorhanden. Nach Penfield ist Jadeit mit Diopsid und Akmit isomorph und soll auch zusammen mit ihnen vorkommen. Vor dem Lötrohr schmilzt der Jadeit zu einem klaren, undurchsichtigen Glas. Nach dem Schmelzen ist er von Salzsäure löslich. Der Winkel der prismatischen Spaltbarkeit ist nach Descloiseaux 85° 20′ und nach Arzruni 86° 56′ bis 87° 20′. Als Einschlüsse im Jadeit — allerdings werden die Fundorte der einzelnen Stücke nicht bezeichnet — finden sich in „Investigations and Studies of Jade“ eine große Anzahl von Mineralien angegeben. Danach sollen makro-

skopisch sichtbar vorkommen: Chromit, Magnetit, Granat, Feldspat, Pyrit, Rutil, Limonit, Manganoxyde, Glimmer etc. Von mikroskopisch beobachteten Mineralien werden aufgezählt: Andalusit, Cordierit, Epidot, Granat, Limonit, Muskovit, Olivin, Perowskit, Leukoxen, Quarz, Rutil, Talk, Titanit, Turmalin und Zirkon. Irgendwelche derartige Einschlüsse konnten jedoch von mir an dem vorliegenden Material aus Burma nicht nachgewiesen werden.

Über die Erscheinungsform des Jadeits von Tawmaw hat zuerst F. Noetling berichtet, und zwar folgendermaßen: „Unterhalb des Serpentins, aber von demselben



a Serpentin. b Chloritmulm. c Albitgestein mit Schiefereinschlüssen. d Mischzone von Albit und Jadeit. e Jadeit. f Hornblendeschiefer.

Fig. 3.
Profil durch den Jadeit-Albit-Gang bei Tawmaw.

durch eine etwa $^1/_2$ m breite Kluft, welche mit mulmigem, weichem Gestein erfüllt ist, getrennt, tritt der Jadeit auf, welcher durch sein blendendes Weiß einen scharfen Gegensatz zu dem tiefdunklen Serpentin bildet.“ Ferner schreibt er: „Eines war ganz deutlich sichtbar; der Steinbruchbetrieb bewegte sich hauptsächlich in der Richtung nach Osten vorwärts, wobei die Sohle der Grube sich etwa in gleicher Richtung senkte.“ Diese Beobachtungen geschahen vor etwa 15 Jahren, doch hat sich das Bild seitdem nur wenig geändert. Der Steinbruch bzw. die Gruben haben ihre Längserstreckung in nordsüdlicher Richtung. Nach der Tiefe zu wird in östlicher Richtung weitergefahren. Einige der tieferen Schächte gehen bis zu 140 Fuß. Man bekommt somit das Bild eines Nordsüd streichenden und steil nach Osten einfallenden Ganges. Der Einfallswinkel beträgt annähernd 60°.

Zur Auffindung dieses Jadeitganges muß meiner Ansicht nach ein kleiner Ausbiß bei Tawmaw geführt haben, der als weiße Klippe aus dem Serpentin hervorragte. Hangendes und Liegendes des Ganges im weiteren Sinne wird vom Serpentin gebildet. Zunächst dem Serpentin liegt eine grüne erdige Masse, welche aus fein gefälteltem chloritischen Material besteht. Dasselbe grenzt scharf an ein helles grüngebändertes Gestein, welches deutlich prismatische Absonderung zeigt. Letzteres geht wieder in ein graues, geflammtes, ebenfalls prismatische Absonderungen zeigendes Gestein über. Daran schließt sich der weiße Jadeit. Im Liegenden ist der Jadeit vom Serpentin scheinbar nur durch eine dünne Lage von Strahlsteinschiefer getrennt. Anfänglich ist man der Meinung, es handele sich bei diesen Übergangsgesteinen um zersetzten und auch um frischen Jadeit. Die mikroskopische Untersuchung jedoch lehrt es anders. Die fraglichen Gesteine sind nicht Jadeit, sondern spezifisch viel leichtere Feldspatgesteine, welche sich zwischen Jadeit und Serpentin einschieben. Sie finden sich sowohl im Hangenden als auch im Liegenden. Die grünen Zwischenmittel in diesen Feldspatiten sind Strahlsteinschiefer. Die petrographische Beschreibung dieser Gesteine ist an früherer Stelle bereits erfolgt. Der mulmige Chloritschiefer, der im Hangenden dem Serpentin zunächst sich befindet, besteht wesentlich aus Chlorit, daneben auch noch aus Strahlstein, Klinozoisit, Biotit und Chloritoid. Einige Handstücke aus dem Liegenden bestehen aus einem parallel gebänderten, dunkelgrünen, undurchsichtigen Jadeit. Die grüne Bänderung wird hervorgerufen durch dünne parallele Lagen von Strahlsteinschiefer. Ist nun die Tatsache erkannt, daß ein Feldspatgestein zusammen mit Jadeit auftritt, so wird von Interesse sein, festzustellen, in welcher Beziehung diese beiden Gesteine zueinander stehen. Eine Reihe von Dünnschliffen gibt darüber Aufschluß. An diesen sieht man, daß einzelne korrodierte und stark kataklastische Individuen von Jadeit in einer Grundmasse von ebenso kataklastischem Feldspat liegen (Fig. 9 u. 10). Hier ist der Albit der Hauptbestandteil, während in anderen Schliffen der Jadeit vor dem Plagioklas vorherrscht. Wir haben es also mit Gesteinen zu tun, welche aus Albit und Jadeit bestehen.

Die Verhältnisse scheinen daher so zu liegen, daß dem Serpentin zunächst und von

demselben nur durch ein chloritisches Zwischenmittel getrennt das reine Feldspatgestein auftritt, daß dieses allmählich in Mischtypen, aus Albit und Jadeit bestehend, übergeht, und daß im Kern des Ganges der reine Jadeit ansteht. Den Charakter solcher aus Jadeit und Albit bestehender Gesteine makroskopisch festzustellen, ist außerordentlich schwer. Zertrümmert man jedoch ein verdächtiges Stück und prüft die einzelnen Bruchstücke auf ihr spezifisches Gewicht, so ist die Unterscheidung sehr einfach. Die Farbe solcher Mischtypen ist entweder ganz weiß oder lichtgrau oder auch graugrün. In der Zone des Jadeit-Albitgesteins finden sich noch zahlreiche Differentiationserscheinungen in Eruptivgängen sind weit verbreitet und sind auch hier nichts Erstaunliches.

Die Feststellung der Erscheinungsform des Jadeits ist von größter Bedeutung im Zusammenhang mit der folgenden Erörterung über die Art der Entstehung des Jadeit-Albit-Gesteins. Es existieren zurzeit die verschiedenartigsten Anschauungen über seine genetischen Verhältnisse. M. Bauer hält den Jadeit für ein Glied der „kristallinen Schiefer". F. Noetling, der das Vorkommen in Tawmaw selbst besucht hat, bezeichnet den Jadeit als ein im Serpentin auftretendes gangförmiges Eruptivgestein ter-

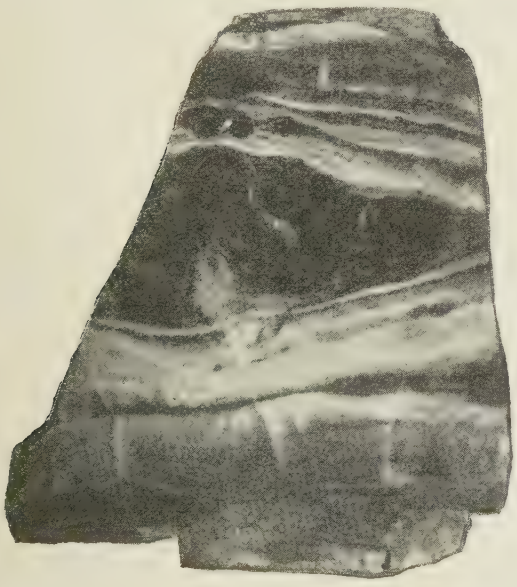


Fig. 5.

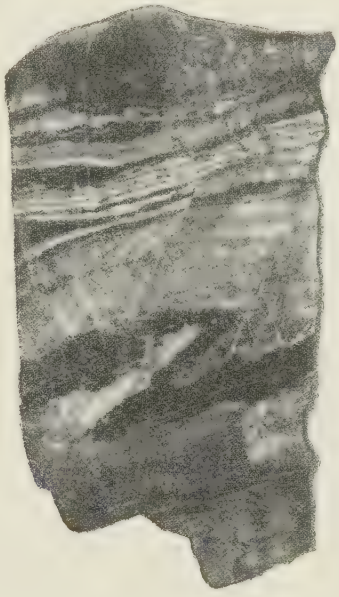


Fig. 6.

Schlieriges Jadeit-Albitgestein mit „Schiefereinschlüssen" (Amphibolit).

Schiefereinschlüsse, deren Mineralbestand neben wenig Chlorit wieder Strahlstein ist. Dieser Strahlstein ist ein wenig natronhaltig, was unter anderem durch seine leichte Schmelzbarkeit vor dem Lötrohr bewiesen wird.

Das Zusammenauftreten von Jadeit und Albit in ein und demselben Ganggebilde kann nur durch magmatische Spaltungsprozesse erklärt werden. Selbstverständlich muß ich dann die Voraussetzung machen, daß der Gang eruptiver Natur ist, wie es später begründet werden soll. Offenbar hat sich das emporbringende Magma derart gesteigert, daß gegen den Rand zu, also an den Salbändern des Ganges, die leicht bewegliche Kieselsäure sich mehr konzentrierte und erst, nachdem das metare Silikat im Kerne auskristallisiert war, der Albit zur Verfestigung gelangte. Derartige tiären Alters. E. Weinschenk spricht die Vermutung aus, daß der Jadeit ein Seigerungsprodukt des Peridotitmagmas ist (Grundzüge der Gesteinskunde II. S. 171). Derselben Ansicht ist auch T. Holland. Grubenmann, der die extremste Schule der Dynamometamorphiker vertritt, reiht den Jadeit unter die Gesteine der untersten Tiefenstufe dynamometamorpher Gebilde ein. H. Rosenbusch rechnet den Jadeit ebenfalls zu den „kristallinen Schiefern", weist aber im besonderen darauf hin, daß die chemische Zusammensetzung des Gesteins bedeutende Ähnlichkeit besitzt mit derjenigen eläolithsyenetischer Alkalimagmen. Nur falle beim Jadeit der Mangel des Kali einigermaßen auf (H. Rosenbusch: Elemente der Gesteinslehre, S. 524). Diese Beobachtung scheint mir jedoch nicht gerecht-

fertigt, da der Kaligehalt, wie aus den vorhergehenden Analysen ersichtlich ist, stets ein ziemlich bedeutender ist. Endlich findet sich in „Investigations and Studies of Jade“ eine Ansicht, welche ganz besondere Würdigung verdient. Danach ist der Jadeit ein metamorphosiertes Eruptivgestein, in die Reihe der Phonolithe gehörig, speziell sollen die weißen Varietäten metamorphosierte Gänge des aplitischen leukokraten Typus der Phonolithe sein, während die grünen, dunkleren eisenreichen Partien eher zu den Tinguaiten zu rechnen seien.

Zunächst möchte ich wiederholen, daß meine Untersuchungen in Tawmaw mich zu derselben Anschauung über die Erscheinungsform des Jadeits führten, welche F. Noetling, der das Vorkommen ja auch in situ gesehen hat, konstatierte. Der Jadeit tritt im Verein mit Albit gangförmig auf und ist eruptiver Entstehung. Hierfür liefern uns unzweifelhafte Beweise zahlreiche Belegstücke; solche z. B., bei denen kleine Seitengänge von Jadeit-Albit im Nebengestein sich finden, und wieder andere, bei welchen Schollen und Fetzen des Nebengesteins rings von dem Ganggestein umschlossen werden. Ferner sind das Vorhandensein von Salbändern, das beobachtete Streichen und Fallen sowie das Auftreten von Kontaktzonen mit Mineralneubildungen an der Grenze zwischen Jadeit-Feldspatit und Peridotit unzweifelhafte Beweise für die gangeruptive Natur des ersteren.

Die Kontakterscheinungen, hervorgerufen durch die Intrusion des Jadeit-Albitganges, am Peridotit sind recht ausgeprägt. Als Neubildungen, welche auf Kontaktmetamorphose zurückgeführt werden müssen, sind Natronhornblende, Chlorit, Zoisit, Chromepidot (Tawmawit) und Chloritoid zu bezeichnen. Wo die Metamorphose am intensivsten war, besonders in den abgerissenen Schollen des Nebengesteins, entstand neben Natronamphibol und Chlorit meist viel Chromepidot. Dieses Gestein geht dann nach dem Serpentin zu in Chlorit-Strahlsteinschiefer über, welcher Zoisit und Chloritoid führt. Darauf folgt dann der Serpentin. Es sind dies die gewöhnlichen Kontakterscheinungen basischer Eruptivgesteine mit saueren oder intermediären Intrusivgesteinen. Ich will nochmals darauf hinweisen, daß die Fragmente und Schollen des Nebengesteins, welche sich besonders häufig in der Nähe der Kontaktzone einstellen, gerne parallel angeordnet sind und dem Jadeit-Feldspatit dadurch einen etwas „schiefrigen“ Charakter verleihen. Es sind dies einfache Injektionserscheinungen, und darf man daraus nicht auf eine durchgehende Schieferstruktur des Jadeits schließen. Solche Zwischenlager bestehen aus Natronamphibol in feinfaseriger Ausbildung und von grüngrauer Farbe, so daß das Gestein ein hell- und dunkelgrün gebändertes Aussehen bekommt. Den Natrongehalt hat der Amphibol offenbar aus dem intrusiven Schmelzfluß aufgenommen. Bemerkenswert ist, daß, wo dieser Amphibol im Kontakt mit überwiegendem Jadeit auftritt, er viel grobkörniger ausgebildet ist als im Kontakt mit Albit.

Betrachten wir uns zunächst mit Rücksicht auf den Hinweis von H. Rosenbusch die chemische Zusammensetzung des Jadeit-Albitgesteins. Zu diesem Zwecke sollen folgende chemische Gesteinsanalysen miteinander verglichen werden.

Nr. I ist die Analyse eines Jadeit-Feldspatits von Upper-Burma nach Foot (s. Investigations and Studies of Jade), Nr. Ia ist nochmals die Analyse eines typischen Jadeits, Nr. Ib die Analyse des Albits, Nr. II ist die Analyse eines Nephelinrhombenporphyrs von Vasvik bei Laurvik in Norwegen, Nr. III ist die eines Eläolithporphyrs von Predazzo, Nr. IV die eines Sölvsbergits aus den Crazy Mountains Montana U. S. A. (Nr. II, III und IV sind aus H. Rosenbusch: Grundzüge der Gesteinslehre entnommen).

	Analyse Nr.					
	I.	Ia.	Ib.	II.	III.	IV.
Kieselsäure	58,58	58,48	67,10	56,04	57,20	58,70
Tonerde	23,71	23,57	20,42	22,15	20,04	19,26
Eisenoxyd	0,51	1,68	0,23	1,06	2,90	3,37
Eisenoxydul	0,24	—	—	3,28	1,20	0,58
Magnesia	1,35	1,33	—	1,12	0,40	0,76
Kalk	1,63	1,62	—	2,42	3,19	1,41
Natron	—	10,33	8,93	8,39	7,85	8,55
Kali	13,80	3,09	3,20	5,03	4,12	4,53
Wasser	0,30	0,16	—	0,67	2,20	2,57

Die Analyse Nr. I ist von Material gemacht worden, in welchem der Jadeit vorwiegt und der Feldspat zurücktritt, dabei gleichsam eine Grundmasse bildend, in welcher der Jadeit schwimmt. H. Clerk rechnet diese Analyse um auf Jadeit, Albit, Anorthit und ein Silikat von der Formel $R'' Si O_3$. Dieses dürfte jedoch nur leere Spekulation sein; denn in allen von mir mikroskopisch untersuchten Stücken findet sich außer dem Jadeit nur ein Vertreter der Feldspatgruppe, welcher als Albit bestimmt wurde.

Es fragt sich nun, ob eine derartige Analyse als Norm aufgestellt werden kann zum Vergleich mit den Gesteinen Nr. II, III und IV. Zieht man die natürlichen Verhältnisse zur Entscheidung heran, so läßt sich die Frage im bejahenden Sinne beantworten. Denn der Jadeit überwiegt an Verbreitung im Gange den Feldspat um ein ganz Bedeu-

tendes, und somit dürfte die Analyse ziemlich genau die chemische Konstitution des Jadeit-Albitmagmas vorstellen. Ein Vergleich obiger Analysen, speziell des Kieselsäure-, Tonerde- und Alkaligehalts, beweist die große Ähnlichkeit in der chemischen Zusammensetzung zwischen dem Jadeit-Feldspatit und den Natrongesteinen. Obwohl nun diese auffallende Übereinstimmung in der chemischen Zusammensetzung beider Gesteine besteht, so ist es doch nicht schlechthin möglich, das Jadeit-Albitgestein als zu den Eläolithsyeniten oder deren Spaltungsgesteinen zu rechnen. Wäre ein größeres Intrusivmassiv eines Natrongesteins in der näheren oder weiteren Umgebung von Tawmaw vorhanden, so läge es nahe, den Jadeit als ein Ganggestein des Natronmagmas aufzufassen. Dieses ist aber keineswegs der Fall. Es hat demnach eine Erklärung in diesem Sinne wenig Rückhalt. Es handelt sich meiner Ansicht nach bei dieser Erscheinung um eine abyssische Differentiation eines natronreichen, leichter beweglichen Schmelzflusses im Peridotitmagma. Differentiationserscheinungen verschiedenster Art — so die Ausscheidung von Chromeisenerz und von Pyroxenitschlieren — sind ja bei den Peridotiten in weitester Verbreitung bekannt.

Bevor ich diese Theorie über die Entstehungsart des Jadeit-Feldspatits genauer entwickle, möchte ich betonen, daß der Serpentin als ein ursprünglich echt eruptives Gestein zu bezeichnen ist. Er bildet nebst den ihn umschließenden „kristallinen Schiefern“ einen Komplex kontaktmetamorphosierter basischer Eruptivgesteine. Im petrographischen Teil der Arbeit habe ich bereits auf die ursprüngliche eruptive Natur dieser Gesteinsgruppe hingewiesen. Es soll später der Erweis erbracht werden, daß tatsächlich ein saueres Eruptivgestein die Metamorphose bewirkt hat. Es wäre nun zunächst festzustellen, woraus eigentlich der Serpentin entstanden ist. In einigen Dünnschliffen dieses Gesteins wurden, wie gesagt, beträchtliche Reste von Olivin nachgewiesen, von einem sonstigen primären Mineral jedoch keine Spur. Überhaupt läßt sich bei der weit vorgeschrittenen Serpentinisierung des Gesteins sehr schwer auf die ursprüngliche Mineralkombination schließen; doch wird man nicht weit fehlgehen, wenn man ein Gestein von der Zusammensetzung des Dunits oder eines Amphibol-Peridotits annimmt, eher jedoch Dunit wegen der darin vorkommenden ziemlich bedeutenden Anreicherung des Chromits. Um jetzt auf die magmatische Differentiationserscheinung wieder zurückzukommen, so nehme ich an, daß das Dunitmagma, welches wie alle basischen Eruptivgesteine den schwerer löslichen Bestandteil des Magmas repräsentiert, sich von den leichter löslichen und beweglicheren Anteilen im peripherischen Herd seigerte und zuerst eruptiv empordrang. Später erst nach Verfestigung des Dunits brach der Natronschmelzfluß auf einer Spalte im „Serpentin“ gangförmig intrusiv ein.

Nun muß es jedenfalls auffallen, daß ein Schmelzfluß von annähernd nephelinsyenitischer Zusammensetzung eine so außergewöhnliche Mineralparagenesis zeigt wie Jadeit + Albit. Man sollte nach der chemischen Konstitution des Gesteins erwarten, daß dasselbe aus z. B. Alkalifeldspat, Nephelin, Ägirin und Natronamphibolen bestehen sollte; oder, wenn man ein nephilinsyenitisches Spaltungsgestein hat, wesentlich nur aus Alkalifeldspat und Nephelin. Wie kommt es daher, daß statt dieser Mineralien neben Albit nur Jadeit auskristallisiert ist. Jadeit ist nun bekanntlich ein Mineral von hohem spezifischen Gewicht. Hohes spezifisches Gewicht läßt aber wieder auf Kristallisation unter hohem Druck schließen, und dieser abnormale Druck kann nur auf den Einfluß intensiver tektonischer Störungen zurückzuführen sein. Unter hohem Druck müßte ein Magma, daß unter normalen Verhältnissen zu einem Aggregat von Albit und Nephelin werden würde, Anlaß zur Entstehung eines Jadeit-Albitgesteins geben, welches durch viel höheres spezifisches Gewicht und somit geringeres Molekularvolumen ausgezeichnet ist.

Es würde demnach anzunehmen sein, daß ein aplitischer natronreicher Schmelzfluß unter hohem Druck etwa nach Art der Piezokristallisation zur primären Bildung des Jadeit-Albitgesteins geführt hat. Andererseits aber könnte dieses auch durch molekulare Umlagerung aus einem ursprünglich anders beschaffenen Mineralaggregat entstanden sein, wobei ein irgendwie gearteter metamorphischer Prozeß die Ursache bildete. Nun gilt bekanntlich als bestes Kriterion zur Unterscheidung, ob ein Gestein als ursprüngliches Kristallisationsprodukt aus dem Magma aufzufassen ist, oder ob es eine molekulare Umlagerung durchgemacht hat, seine Struktur. Dieses wichtige Erkennungsmerkmal kann jedoch bei dem Jadeit-Albitgestein nicht herangezogen werden, da die weitgehende Kataklase desselben eine Erkennung der ursprünglichen Struktur ausschließt. M. Bauer beobachtete zwar, daß der Feldspat völlig intakt sei; dagegen zeigt mein Material ganz durchgehend, daß der Albit im höchsten Maße kataklastisch ist. und daß besonders in den Übergangsgliedern

zwischen dem reinen Jadeit und dem eigentlichen Feldspat, wo ein Erkennen der Reihenfolge der Kristallisation vor allem in Frage käme, durch diese sekundäre Zertrümmerung die einstige Struktur stets völlig unkenntlich geworden ist.

Ein Bild dieser Verhältnisse geben uns folgende Umrechnungen. Dabei gehe ich zunächst von den Formeln der drei Mineralien Jadeit, Nephelin und Albit aus und finde, daß ein Teil Albit und ein Teil Nephelin zwei Teile Jadeit geben. Die Formel des Nephelins darf angenommen werden zu $Na\,Al\,Si\,O_4$ (nach der synthetischen Darstellung von C. u. G. Friedel), die des Albits ist $Na\,Al\,Si_3\,O_8$. Durch einfache Addition erhalten wir $Na_2\,Al_2\,Si_4\,O_{12}$ oder $2\,Na\,Al\,Si_2\,O_6$, d. h. 2 Jadeit.

Diese einfache Rechnung kann als Grundlage gelten für die Umrechnung der Analysen an natürlichem Material. Es müssen darnach die Prozentzahlen einer Nephelinanalyse plus den Prozentzahlen einer Albitanalyse durch den Faktor 2 geteilt, zusammen die Prozentzahlen einer Jadeitanalyse ergeben. Tatsächlich ist dies auch der Fall. Wenn man die folgenden auf Jadeit umgerechneten Analysen mit den Jadeitanalysen Nr. I bis V auf Seite 19 vergleicht, so ergibt sich eine gute Übereinstimmung. Daß der Kieselsäuregehalt in den umgerechneten Analysen etwas zu gering ist, kann dadurch erklärt werden, daß im allgemeinen der Kieselsäuregehalt etwas zu niedrig bestimmt wird. Die sonstigen Unterschiede sind ganz unwesentlich und können bei den kleinen Verschiedenheiten in jeder Analyse unberücksichtigt bleiben.

	Nephelin-Analyse			Albit-Analyse		
	In	IIn	IIIn	Ia	IIa	IIIa
Kieselsäure	44,08	43,74	44,98	67,10	68,28	69,69
Tonerde	33,28	34,48	34,49	20,42	19,62	18,60
Eisenoxyd	—	—	—	0,23	—	—
Magnesia	—	—	—	—	0,09	0,20
Kalk	1,85	—	0,50	—	0,31	—
Natron	16,00	16,62	15,49	8,93	10,81	10,28
Kali	4,76	4,55	4,63	3,20	0,39	0,40
	99,97	99,39	100,09	99,88	99,50	99,17

Kombinationen von Nephelin- und Albit-Analysen zu Jadeit.

	$\frac{In}{2}$ + $\frac{Ia}{2}$ = Jadeit	$\frac{IIn}{2}$ + $\frac{IIa}{2}$ = Jadeit
Kieselsäure	22,04 + 33,55 = 55,59	21,87 + 34,14 = 56,01
Tonerde	16,64 + 10,21 = 26,85	17,24 + 9,81 = 27,05
Eisenoxyd	— + 0,11 = 0,11	— + — = —
Magnesia	— + — = —	— + 0,04 = 0,04
Kalk	0,92 + — = 0,92	— + 0,15 = 0,15
Natron	8,00 + 4,46 = 12,46	8,31 + 5,40 = 13,71
Kali	2,38 + 1,60 = 3,98	2,27 + 0,19 = 2,46
Summa	= 99,91	= 99,42

	$\frac{In}{2}$ + $\frac{IIIa}{2}$ = Jadeit	$\frac{IIIn}{2}$ + $\frac{IIIa}{2}$ = Jadeit
Kieselsäure	22,04 + 34,84 = 56,88	22,49 + 34,84 = 57,33
Tonerde	16,64 + 9,30 = 25,94	17,24 + 9,30 = 26,54
Eisenoxyd	— + — = —	— + — = —
Magnesia	— + 0,10 = 0,10	— + 0,10 = 0,10
Kalk	0,92 + — = 0,92	0,25 + — = 0,25
Natron	8,00 + 5,14 = 13,14	7,74 + 5,14 = 12,88
Kali	2,38 + 0,20 = 2,58	2,31 + 0,20 = 2,51
Summa	= 99,56	= 99,61

	$\frac{In}{2}$ + $\frac{IIa}{2}$ = Jadeit	$\frac{IIIn}{2}$ + $\frac{IIa}{2}$ = Jadeit
Kieselsäure	22,04 + 34,14 = 56,18	22,49 + 34,14 = 56,63
Tonerde	16,64 + 9,81 = 26,45	17,24 + 9,81 = 27,05
Eisenoxyd	— + — = —	— + — = —
Magnesia	— + 0,04 = 0,04	— + 0,04 = 0,04
Kalk	0,92 + 0,15 = 1,07	0,25 + 0,15 = 0,40
Natron	8,00 + 5,40 = 13,40	7,74 + 5,40 = 13,14
Kali	2,38 + 0,19 = 2,57	2,31 + 0,19 = 2,50
Summa	= 99,71	= 99,76

Analysen In und IIIn stammen aus Naumann-Zirkel: Elemente der Mineralogie (Analysen von Rammelsberg und Rauff).

Analysen IIn und IIa aus H. Rosenbusch: Elemente der Gesteinslehre, S. 121, Analysen Nr. 6 und 7.

Analyse IIIa ebenfalls daher, S. 481, Analyse Nr. 3.

Analyse Ia ist die früher angeführte Albit-Analyse (von Albit aus Tawmaw).

Nimmt man also an, daß der Jadeit nicht ursprünglich ist, sondern erst durch molekulare Umlagerung anderer Mineralien entstanden sei, so fragt es sich: 1. aus welchen Mineralien er entstanden ist, 2. welchen metamorphosierenden Agentien diese Umlagerung zuzuschreiben wäre.

Die erste Frage ist nicht schwer zu beantworten. Gelangt ein analog zusammengesetzter nephelinsyenitischer Schmelzfluß unter normalen Verhältnissen zur Verfestigung, so entsteht neben Alkalifeldspat hauptsächlich Nephelin. Der Albit als solcher erleidet bei einer späteren Metamorphose des Gesteins, wie ausgedehnte Erfahrungen mit Sicherheit beweisen, keine Änderung seiner mineralogischen Beschaffenheit und Ähnliches ist auch für den Nephelin in reinem Zustand anzunehmen, da diese einfachen Silikate keine heteromorphen Äquivalente aufweisen, welche unter besonders gearteten physikalischen Bedingungen kristallisieren könnten. Dagegen liegt eine derartige abweichende molekulare Gruppierung, wie oben gezeigt, für die Kombination von einem Teil Albit und einem Teil Nephelin vor, und es ist sehr wohl anzunehmen, daß eine unter hohem Druck vor sich gehende Umkristallisation eine derartige vielleicht als eutektisch zu bezeichnende Mischung in Jadeit überführt. Allerdings ist von den beiden hier angenommenen Ausgangsmineralien nur der Albit allein bisher in den Gesteinen von Tawmaw beobachtet worden; aber Bauer beschreibt auch das andere Mineral, den Nephelin aus einem Jadeitvorkommen, welches aus Tibet stammen soll[1]).

Wenn dieses Vorkommen in Tibet tatsächlich existiert und nicht auf verschleppte Stücke aus Burma zurückzuführen ist, so läßt doch die ganze Beschreibung der Stücke von Bauer keinen Zweifel aufkommen, daß es in jeder Beziehung mit den hier besprochenen identisch ist. Jedenfalls ist die Annahme durchaus berechtigt, daß tatsächlich Nephelin als ursprünglicher Bestandteil der in Betracht kommenden Gesteine angenommen werden darf. Wie das Gemenge von Albit und Nephelin, in welchem das erstere Mineral im Überschuß ist, zu der Bildung von Albitjadeitgestein Anlaß gab, ebenso würde in einer Mischung mit überschüssigem Nephelin dieser im Gemenge mit Jadeit das Gestein zusammensetzen müssen.

Ein anderes Phänomen, welches sehr für molekulare Umlagerung spricht, ist das Auftreten von grünen Flecken im weißen Jadeit. Diese Flecken beruhen, wie bereits an anderer Stelle auseinandergetzt wurde, auf einem geringen Chromgehalt bzw. Eisengehalt des Jadeits. Offenbar war in dem ursprünglichen Magma, welches sich in die zwei Schmelzflüsse Peridotit und Jadeit-Feldspatit spaltete, ein geringer Gehalt an Chromoxyd vorhanden (bzw. Eisenoxyde). Chromit und Magneteisen kristallisierten zunächst aus. Nun fand die Metamorphose statt und das Chrom bzw. Eisen, welches in den Alkalialumosilikaten der Feldspat- resp. Nephelingruppe nicht aufgenommen werden kann, fand in dem Metasilikat des Jadeits die Möglichkeit, eine isomorphe Vertretung der Tonerde einzugehen. Wo sich ursprünglich einzelne Chromspinelle und Magnetitkristalle fanden, entstanden die grünen Flecken. Jedenfalls wird es sehr schwer sein, die einzelnen, rings von schneeweißem Jadeit umgebenen grünen Flecken in anderer Weise zu erklären.

Eine gewisse Berechtigung zur Annahme, daß der Jadeit-Feldspatit ein metamorphes Gestein ist, gibt die Anwesenheit eines Granits in unmittelbarer Nähe. Es ist dies das früher als Nr. 9 beschriebene Gestein. Wir haben schon gesehen, daß es die „kristallinen Schiefer“ nach allen Richtungen durchsetzt. Als kleine Ausläufer dieses Granits sind auch die Bostonitadern anzusehen, welche sich in den „kristallinen Schiefern“ von Seikmo befinden. So möchte ich denn als metamorphosierende Agentien, welche zur Neubildung des Jadeits aus einem Nephelingestein Anlaß gaben, die granitische Kontaktmetamorphose unter hohem Druck bezeichnen.

Weiterhin ist es von höchstem Interesse, festzustellen, in welchen weiteren Beziehungen das Jadeit-Albitgestein zu den Serpentinen und den „kristallinen Schiefern“, welche früher unter den Nr. 1-7 beschrieben wurden, steht. Diese letzteren Gesteine stellen eine Reihe metamorphosierter basischer Eruptivgesteine dar und gehören ihrer Struktur nach zu den umgewandelten Gabbros. Stellenweise sind sie reich an

[1]) Ob Jadeit überhaupt in Tibet gefunden wird, ist zweifelhaft. Die einzigen Fundorte von Jadeit, welche mit Bestimmtheit nachgewiesen werden können, sind in Karakasch in Turkestan und die drei Lagerstätten von Tawmaw, Mamon und Hwéka in den Kachinbergen, Upper Burma. Es ist fast unmöglich, von den Eingeborenen überhaupt etwas über Fundorte von Jadeit zu erfahren. Höchstwahrscheinlich rühren Jadeitstücke, welche aus Tibet stammen sollen, von einem der obigen Fundorte her. Besonders der Jadeit aus Burma wird in großen Mengen über die Grenze nach China geschmuggelt, um den Exportzoll, der auf dem Material liegt und ziemlich hoch ist, zu vermeiden. Erkundigt man sich dann anderorts, wo derartige Stücke herstammen, so heißt es, aus Tibet; doch ist es immerhin möglich, wenn meiner Ansicht nach auch sehr unwahrscheinlich, daß Jadeit ebenfalls in Tibet gegraben wird.

Natronamphibol wie Glaukophan und Karinthin, stets besitzen sie einen gewissen Gehalt an Chromit. Sie zeigen durch diesen Natron- und Chromgehalt eine gewisse Blutsverwandtschaft mit dem Jadeit-Feldspatit. Ebenso lassen sich zwischen Jadeit-Albitgestein und Serpentin auf Grund des Chromgehalts gewisse Verwandtschaftsbeziehungen nachweisen. Und somit komme ich zu der Annahme, daß es sich hier um verschiedene Glieder einer petrographischen Provinz handelt, charakterisiert durch einen auffallenden Natron- und Chromitgehalt. Dabei wäre die Reihenfolge der einzelnen Eruptionen folgende gewesen. Aus dem gemeinsamen Magmabassin, in welchem sehr weitgehende Spaltungsprozesse vor sich gingen, drang zunächst ein an Kieselsäure und Alkalien armer Schmelzfluß hervor, der sich weiter zerspaltete und zu der meist zentral gelegenen, ursprünglich aus Peridotit, jetzt aus Serpentin bestehenden Masse einerseits und zu der früher als Gabbro, jetzt als sogenannte „kristalline Schiefer“ ausgebildeten Randzone andererseits sich verfestigte. Ihnen folgte der natronreiche aplitische Nachschub, ursprünglich vielleicht als Nephelin-Aplit verfestigt und durch die Einwirkung des noch jüngeren Granitmassivs zusammen mit den übrigen Gesteinen der Reihe umgewandelt und zu dem heute vorhandenen Jadeit-Feldspatit geworden.

Anhangsweise sollen noch die Beziehungen der übrigen Serpentinmassive zu dem von Tawmaw behandelt werden. Jedenfalls sind sie alle gleicher Entstehungsart und gleichen Alters, und ebenso sicher sind sie sämtlich bedeutend älter als die miocänen Sandsteine und Konglomerate, welche sich transgredierend und oft mit charakteristischem Bodenkonglomerat darüber abgesetzt haben. Letzteres ist in der Nähe von Tawmaw überhaupt nicht vorhanden. Erst östlich von Seikmo überlagert es die „kristallinen Schiefer“, welche dort unter sie einschießen. Bei Hwéka sieht man ganz deutlich, daß der Serpentin mantelförmig von den tertiären Schichten umlagert wird.

Die Pikritporphyrite sowie Basalte stehen in gar keiner Beziehung zu den Serpentinen. Wahrscheinlich sind es ganz junge Eruptivgesteine, welche, wie F. Noetling berichtet, die miocänen Schichten durchbrochen haben.

Die Erklärung der Kataklase, welche in so hohem Maße in dem Jadeit-Feldspatit auftritt, aber auch in den übrigen Gesteinen nachweisbar ist, muß auf tektonische Störungen zurückzuführen sein, auf Gebirgsbildung, welche noch lange nach dem Prozeß der Metamorphose vor sich ging. Scheinbar hat auch später noch eine Rutschung oder Verschiebung längs des Hangenden des Jadeit-Feldspatitganges stattgefunden, so daß der Chloritschiefer, welcher am Kontakt zwischen Jadeit- und Albitgestein und dem massiven Serpentin liegt, zu einer mulmigen erdigen Masse zerdrückt wurde.

In engster Verbindung mit der Lagerstätte von Tawmaw stehen die Jadeit-Geröllablagerungen des Urutales und im Uruflusse selber. Betrachtet man die Karte, so fällt es auf, daß solche Jadeitgerölle nur zwischen Sanka und eine kurze Strecke unterhalb von Mamon gefunden werden. Der Fluß beschreibt auf dieser Strecke einen Bogen um das jadeitführende Serpentinmassiv mit seiner Hülle kontaktmetamorpher basischer Eruptivgesteine und nimmt dabei auf seinen rechten Ufern zahlreiche kleine Bäche auf, welche den Gebirgsstock entwässern. Da nun der Jadeit von Mamon mit dem von Tawmaw absolut identisch ist, und auch die übrigen Gerölle in den Flußablagerungen meist Serpentin, Quarz oder Saussuritgerölle sind, so kann man mit Sicherheit sagen, daß hier sowohl der Jadeit wie auch die andern Gesteine Erosionsprodukte des Jadeits von Tawmaw und seiner Nebengesteine darstellen und daher in abbauwürdiger Menge nur in der Nähe der primären Lagerstätte vorkommen.

Ähnlich scheinen die Verhältnisse bei Hwéka zu liegen. Dort kommt der Jadeit als Gerölle im Konglomerat miocänen Alters vor. Im einzelnen ist der Jadeit auch hier mit dem von Tawmaw ganz identisch, und wieder finden sich mit ihm vergesellschaftet Gerölle von Serpentin, Saussurit und Quarz, außerdem auch noch Pyroxenitgerölle (Bronzitit). Unzweifelhaft sind die miocänen Sedimente Ablagerungen des Festlandes, was durch die in ihnen gefundenen Pflanzenreste bewiesen wird. Es liegt nun nahe, anzunehmen, daß auch die Jadeitgerölle etc. von der primären Lagerstätte bei Tawmaw stammen, zumal auch die andern Gerölle mit den sonstigen Gesteinen von Tawmaw auffallende Übereinstimmung zeigen. Jedoch läßt sich dieses mit Sicherheit nicht beweisen. Die miocänen Schichten, welche östlich von Lonkin einsetzen und sich vermutlich ununterbrochen bis Hwéka und noch darüber hinaus fortsetzen, sind durch Gebirgsfaltung mannigfach gestört worden, und es liegen die jadeitführenden Konglomerate in einer recht beträchtlichen Höhe, annähernd so hoch wie die Steinbrüche von Tawmaw. Zu dieser

Höhe müssen die Schichten später erst aufgefaltet worden sein, und ich habe schon früher bemerkt, daß sich an einzelnen Stellen die Faltung leicht konstatieren läßt. Da nun zwischen dem großen Eruptivmassiv von Tawmaw, zu dem auch die „kristallinen Schiefer" südöstlich von Lonkin gerechnet werden müssen, und den miocänen Schichten keine weiteren größeren Eruptivstöcke liegen, so kann man annehmen, daß dem Anschwemmen eines Jadeitkonglomerates bei Hwéka von der primären Lagerstätte bei Tawmaw aus nichts im Wege lag. Es ist aber andernteils nicht ausgeschlossen, daß die Jadeitgerölle im Konglomerat von Hwéka einer andern primären Jadeitlagerstätte entstammen, über welche zurzeit nichts bekannt ist. Jedenfalls liefern die Lagerstätten von Hwéka uns den Beweis, daß Jadeit und Serpentin älter sind als die miocänen Ablagerungen.

Außer diesen drei Jadeitlagerstätten sind in den Kachinbergen keine weiteren bekannt. Sagenhaft ist ein Vorkommnis von Jadeit am Oberlaufe des Chindwin. Jedenfalls ist aber die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, daß in diesen Bergen sich noch weitere Jadeitlagerstätten finden werden. Daß ein derartiges Gestein wie der Jadeit-Feldspatit so ganz vereinzelt in Gangform auftritt, wäre wohl denkbar, ist aber doch nicht wahrscheinlich.

Jadeit in der Ausbildung, wie er sich in den Kachinbergen findet, ist bisher anderorts noch nicht nachgewiesen worden. Das Auftreten des „Jadeitmoleküls" in gewissen metamorphen Gesteinen der Alpen, wie es von S. Franchi (Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. 1902, Bd. II) und von L. Hezner (Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. XX, S. 133) beschrieben wird, läßt sich in gar keiner Weise mit dem Jadeit-Albitgestein von Tawmaw vergleichen. Eine gewisse interessante Analogie findet sich dadagegen zwischen dem Vorkommen von Nephrit bei Jordansmühl in Schlesien und den Gesteinen von Tawmaw. Hier wie dort haben wir eine Reihe von Saussuritgabbro, Serpentin und jüngerem Granit. Der Nephrit von Jordansmühl scheint allerdings mehr den Charakter einer ursprünglichen Schliere im Magma an sich zu tragen, eine Differentiation des magnesiareichen Schmelzflusses, welche wohl zur Ausbildung pyroxenitischer Formen führte, die auch im Gegensatz zum Jadeit völlig alkalifrei sind. Die spätere Intrusion des Granits hat aber hier wie zu Tawmaw die ganze Serie der ursprünglichen Gesteine verändert und ließ neben dem herrschenden Serpentin auf der einen Seite Saussuritbildungen, auf der andern den Nephrit aus den verschiedenen magmatischen Spaltungsprodukten hervorgehen. (Vergl. Z. f. pr. Geol. 1902 S. 383.)

München, Petrographisches Seminar, Okt. 1907.

Für allseitige liebenswürdige Hilfe sowohl bei den Vorbereitungen zu dieser Arbeit als auch bei Ausführung derselben sage ich meinen aufrichtigsten Dank den Herren E. Weinschenk, Professor für Petrographie an der Universität zu München, und T. Holland, Director geol. Survey of India.

Tafelerklärung.

Fig. 1. Die Jadeitgruben von Tawmaw.
Fig. 2. Abgebauter Jadeitgang bei Tawmaw.
Fig. 3. Ein Jadeitblock aus dem Konglomerat von Hwéka.
Fig. 4. Abbau des jadeitführenden Konglomerats bei Hwéka.
Fig. 5. Jadeit, ziemlich grobkörnig ohne Kataklase.
Fig. 6. Normaler Jadeit, stark kataklastisch.
Fig. 7. Jadeit (Mörtelstruktur).
Fig. 8. Klinozoisit-Individuen im Albit aus Saussuritgabbro.
Fig. 9. Jadeitkorn (erkennbar an Spaltbarkeit) im Feldspatit.
Fig. 10. Kataklastischer Feldspatit (Albit).

Fig. 1.

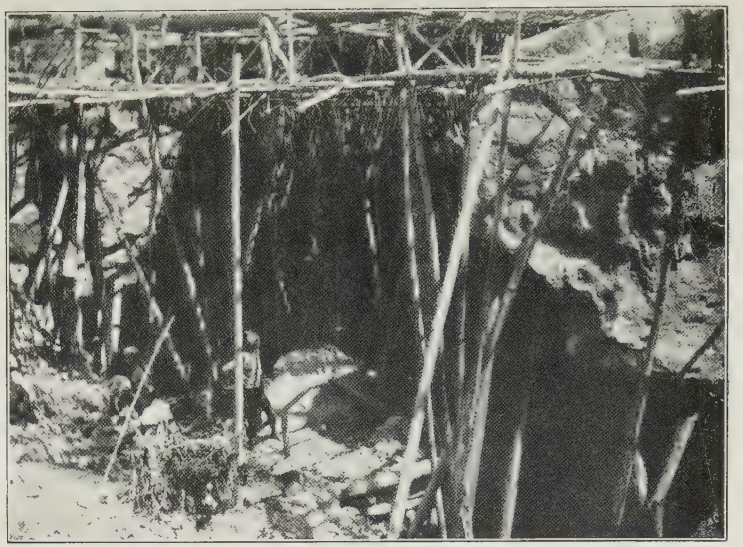


Fig. 2.

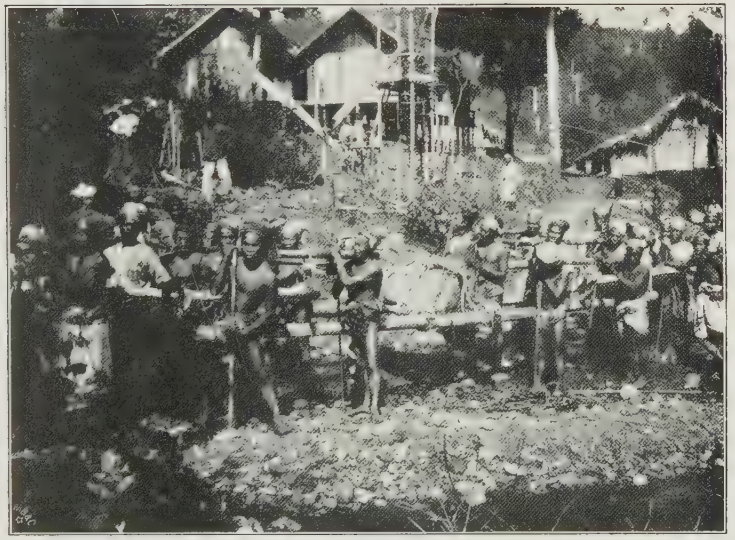


Fig. 3.

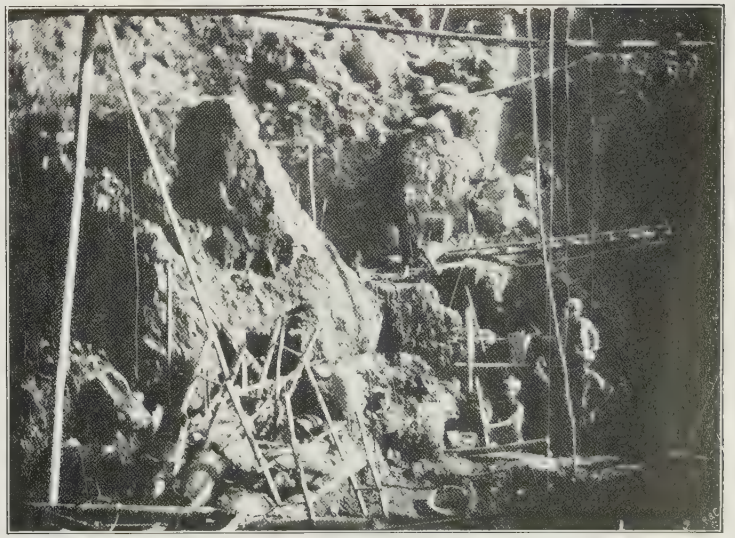


Fig. 4.

Tafel I.

Fig. 5.

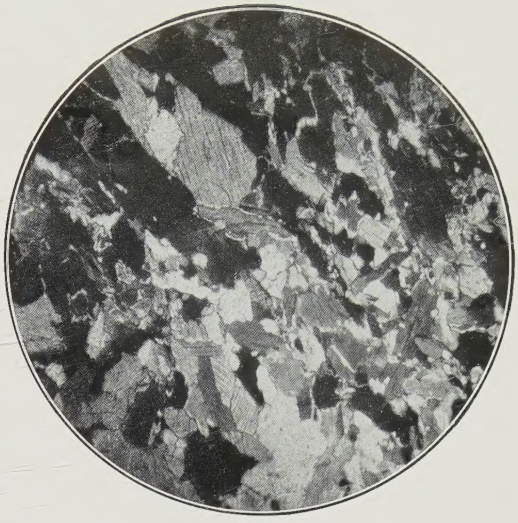


Fig. 6.

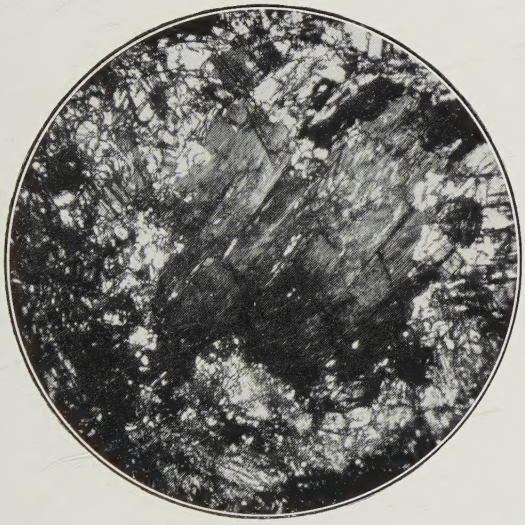


Fig. 7.

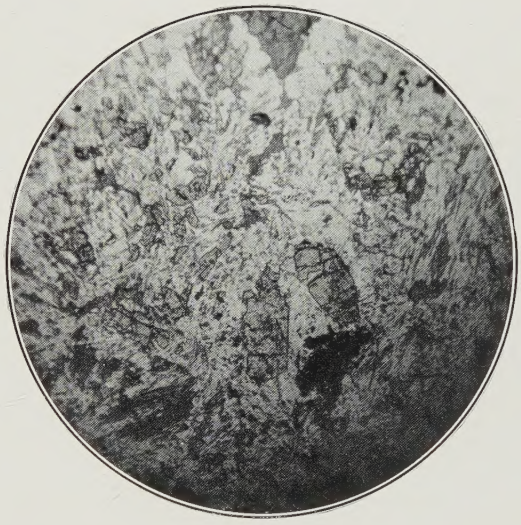


Fig. 8.

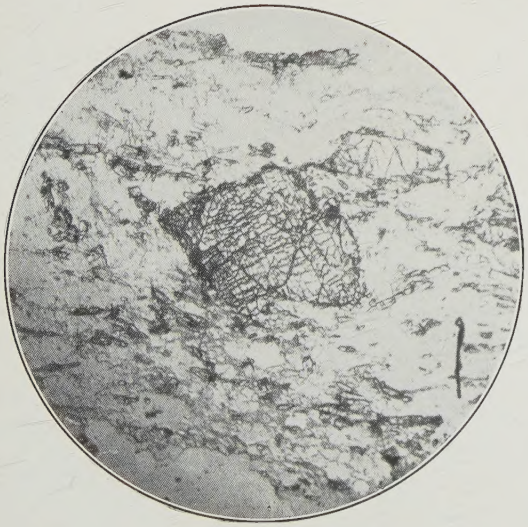


Fig. 9.

Fig. 10.